

Принципи и велике идеје научног образовања

Уредник: Вин Харлен (Wynn Harlen)

Аутори прилога: Дерек Бел (Derek Bell), Роза Девес (Rosa Devés), Хјуберт Дајси (Hubert Dyasi), Гиљермо Фернандез де ла Гарса (Guillermo Fernández de la Garza), Пјер Лена (Pierre Léna), Робин Милар (Robin Millar), Мајкл Рајс (Michael Reiss), Патрисија Ровел (Patricia Rowell), Веј Ју (Wei Yu)

Предговор:.....	2
Десет принципа и четрнаест идеја научног образовања	4
Четрнаест великих идеја у науци.....	5
Увод:	
Зашто велике идеје?	7
Прво поглавље:	
Принципи који суштински подржавају научно образовање	11
Друго поглавље:	
Селекција великих идеја у науци	20
Треће поглавље:	
Од мале до велике идеје у науци	27
Четврто поглавље:	
Рад уз велике идеје	45
Кратке биографије учесника семинара	53
Литература	61

Предговор

У октобру 2009. године је одржан мали интернационални семинар који је имао за циљ да идентификује основне идеје са којима би ђаци требало да се сретну током научног образовања, а омогућују им да разумеју свет природе и уживају у њему. Мотивација за семинар је била чињеница да ђачком научном образовању током обавезног школовања, уз неколико изузетака, недостаје кохерентност и тежња ка свеобухватним идејама важним за процес учења. Иако су се тимови који развијају националне курикулуме, приручнике и стандарде углавном суочавали са проблемима селекције садржаја, често се долазило у ситуацију да усредсређивање на специфичне теме доводи до потискивања у други план идеја које су развијене, односно да се од шуме не види дрво. Ипак, то није само проблем форме него и садржаја, јер смо, када се обраћамо деци, више усредсређени на историју него на нови начин мишљења.

Учесници семинара – научници и инжењери, познати едукатори – укључени су у процес побољшања школског научног образовања не само у својој земљи него и на интернационалном плану. Њихове кратке биографије, дате на крају овог документа, указују на опсег експертизе којом су допринели квалитету овог семинара. Ови веома ангажовани људи су, са пуно ентузијазма, одвојили своје време за долазак у Шкотску. Они су, пишући и сакупљајући радове током припреме семинара, потврдили да је пред њима важан посао.

Реализација семинара је била могућа захваљујући награди *Purkwa*, коју су ми доделиле Француска академија наука и Висока рударска школа из Сен-Етјена. Одржан је, током два и по дана, у конференцијском центру на обали *Loch Lomond*-а. Рад је настављен и после семинара, кореспонденцијом чланова групе, па је постепено, коментарима, амандманима и додацима формиран материјал који је пред вама. Ауторима овог заједничког рада: *Дерек Бел, Роза Девес, Хјуберџ Дајси, Гиљермо Фернандез де ла Гарса, Пјер Лена, Робин Милар, Мајкл Рајс, Пајрисција Ровел, Веј Ју и Џулијеџ Милер*, која је водила забелешке током семинара и била одговорна за припрему овог документа, дугујем изузетну захвалност.

Вин Харлен
јул 2010.

Предговор издању на српском језику

Пред вама је дело групе светски признатих експерата у области научног образовања намењено наставницима, универзитетским професорима, наставницима, родитељима, онима који одлучују о политици образовања, као и свим заинтересованим за ову изузетно важну област сваког друштва које размишља о својој будућности, а тиме и будућности своје деце. Сам наслов „Принципи и велике идеје научног образовања“ можда вам изгледа претенциозно. Међутим, ако само погледате увод интернационално најпризнатијег дидактичара Вин Харлен или кратак приказ овог документа, наићи ћете на низ запажања која вас сигурно не могу оставити равнодушним. Нас су посебно импресионирала следећа два, која се сигурно одnose и на наш образовни систем: „Постојећи начин учења наука у школи многе од њака уопште не дотиче јер им не указује на развој општих научних идеја које би могле да помогну у разумевању ствари које их окружују и пруже им могућност учешћа у доношењу одлука као информисаних грађана“ и „Циљ научног образовања није сазнање о стварима, чињеницама и теоријама, него напредак ка кључним идејама које омогућују разумевање догађаја и феномена битних за живот ученика“.

САНУ и Универзитет у Београду су решени да се не задовоље само давањем констатација и неком врстом критике. Покренули смо конкретне акције којим желимо да допринесемо решавању овог горућег проблема XXI века, заједно са људима и научним и образовним институтцијама у свету и код нас. Наши уговори са Француском академијом наука и Глобалном мрежом академија наука у свету (IAP), као и подржавање пројеката (*Рука у шесћу*, *ЕУ-ФП7-Фибоначи*) који промовишу истраживачки метод у презентацији наука у школама са циљем да то буде наука за сву децу, а не само за таленте, то најбоље потврђују.

„Просветни преглед“ је до сада објавио низ прилога у промовисању овог начина рада у нашим школама. Своју улогу у нашем образовном систему на најбољи начин промовише штампањем овог документа у тиражу који омогућује сваком заинтересованом да се с њим упозна и да нам се придружи у настојању да заједнички, конкретним доприносима, помажемо наставницима у школи да успешније презентују науку и припреме децу за изазове који их очекују у будућности.

Никола Хајдин
председник
Српске академије наука и уметности

Бранко Ковачевић
ректор Универзитета
у Београду

Десет принципа научног образовања

1. Школе би требало да, током вишегодишњег обавезног школовања, кроз своје програме научног образовања, систематски развијају и подстичу радозналост ученика о свету, покушавајући да их заинтересују за научне активности и разумевање начина објашњавања природних феномена.
2. Главна сврха научног образовања је да омогући свакој индивидуи да учествује у доношењу одлука, да преузме одговарајуће активности које се тичу њеног добра и добробити друштва и окружења.
3. Научно образовање има вишеструке циљеве. Оно тежи:
 - разумевању великих идеја у науци које укључују саме научне идеје и идеје о науци и њеној улози у друштву;
 - развоју научне способности у вези с прикупљањем и употребом доказа;
 - развоју научног става.
4. Требало би да се јасно уочава напредак у циљевима научног образовања, указујући на идеје које треба усвојити на различитим нивоима, засноване на пажљивој анализи концепата и текућих истраживања, као и у разумевању самог учења.
5. Напредовање ка великим идејама би требало да буде резултат изучавања тема које су интересантне ђацима и битне за њихов живот.
6. Научено би требало да рефлектује научно сазнање и научно истраживање које је експлицитно и у складу с текућим научним и образовним мишљењем.
7. Све активности у оквиру научних курикулума би требало да продубљују разумевање научних идеја, као и других могућих циљева, попут фаворизовања мишљења и способности.
8. Програми учења за ђаке, као и покретање тренинга и професионалног развоја наставника требало би да буду конзистентни с методама рада и начина учења, како би се постигли циљеви наведени у Принципу 3.
9. Евалуација има кључну улогу у научном образовању. Формативно оцењивање учења и сумативно оцењивање постигнућа ученика мора бити примењено на сваки од постављених циљева.
10. Школски научни програми би, настојећи да остваре постављене циљеве, требало да промовишу сарадњу између наставника, ангажовање локалне заједнице, као и укључивање научника.

Четрнаест великих идеја у науци

Научне идеје

1. Сви материјали у универзуму су сачињени од сићушних честица.
2. Објекти на растојању могу да делују један на други.
3. Промена кретања неког објекта захтева деловање силе на њега.
4. Укупна сума енергије у универзуму је увек иста, али се може трансформисати када се ствари мењају или када она омогућује да се то деси.
5. Састав Земље и њене атмосфере, као и процеси који се дешавају унутар њих обликују површину Земље и њену климу.
6. Соларни систем је врло мали део милиона галаксија које чине универзум.
7. Организми су организовани на бази ћелија.
8. Организми захтевају утрошак енергије и материјала од којих су често зависни или су приморани да се за њих боре с другим организмима.
9. Генетска информација се преноси од једне на другу генерацију организама.
10. Диверзитет организама, живих и несталих, резултат је еволуције.

Идеје о науци

11. Наука подразумева да за сваки ефекат постоји један или више узрока.
12. Научна објашњења, теорије и модели су они који најбоље фитују познате чињенице у датом тренутку.
13. Знање стечено науком је употребљено у неким технологијама чији производи служе људској врсти.
14. Научне примене имају врло често етичке, друштвене, економске и политичке импликације.

Увод

Зашто велике идеје?

Данас је готово универзално схватање да би сви ђаци требало да заврше школу са основним разумевањем научних идеја и процедура. Ипак, сведоци смо да широм света, бар у развијеним земљама, интересовање младих за науку опада, као и да је све мање заинтересованих за студије наука. Код младих је општеприхваћен став да науке у школи немају неког битног значаја за њихову будућност. Постоји неостатак свести о везама научних активности и света који их окружује. Не виде сврсисходност учења ствари које изгледају као скуп неповезаних чињеница. Штавише, сматрају да је њихова једина сврха да им омогуће да положе одговарајуће испите. Иако тестови и испити заиста имају одговарајућу улогу у формирању такве ситуације, они нису и једини узрок.

Постојећи курикулуми, чак и они из последње две деценије, имају своје историјске корене. Свака реформа је била под утицајем оног што јој је претходило. Иза нас није тако давно време у коме је наука била опциона за ђаке око 14 година, а и у вишим разредима основне школе као да је била намењена онима који би требало да наставе своју специјализацију у научној области, а не свим ђацима. Иако је данас преовлађујуће мишљење да је научно образовање постало битно за све ђаке током обавезног школовања, ипак је врло тешко ослободити се традиционалног мишљења. Помало је чудно да постојеће науке у школи многе од ђака уопште не дотичу када је у питању развој општих научних идеја које би могле да им помогну у разумевању ствари које их окружују и пруже им могућност да учествују у доношењу одлука као информисани грађани света, у коме науци и технологији стално расте значај.

Врло често се од ђака у вишим разредима основне и средње школе може чути објашњење да су идеје о којима уче знатно апстрактније од оних са којима су се сретали раније. Наравно, учење наука захтева постепено обухватање идеја које имају знатно ширу примену, па су самим тим и знатно апстрактније. Проблеми њиховог разумевања су посебно изражени у случају кад оне нису укорене и повезане с конкретним искуством из кога су и проистекле.

Активности у нижим разредима основне школе обично почињу са објектима и догађајима који су у непосредном окружењу, а сам наставник сматра да су од интереса за децу. Проблем није толико у дечјем схватању, колико у томе шта она уче да би формирала знања која ће им бити од користи не само у средњој школи него и у животу. Огроман је број могућих тема и активности. Како наставник да изабере оне које ће најуспешније реализовати у ограниченом и драгоценом времену предвиђеном за учење?

Део решења ових проблема је у разумевању циљева научног образовања, које не би требало посматрати само кроз призму сазнања о стварима, чињеницама и теоријама него и кроз напредовање ка кључним идејама које само заједно омогућују разумевање догађаја и феномена релевантних за живот током и после школовања. Описујемо их као „велике идеје“ у

Постојеће науке у школи многе од ђака уопште не дотичу када је у питању развој општих научних идеја које би могле да им помогну у разумевању ствари које их окружују и пруже им могућност да учествују у доношењу одлука као информисани грађани

Циљ научног образовања није сазнање о стварима, чињеницама и теоријама, него најпредак ка кључним идејама које омогућују разумевање догађаја и феномена бивних за животи

науци и у овом разматрању покушавамо да објаснимо шта подразумевамо под њима, како најбоље остварити њихову селекцију и како их најбоље саопштити. Начин комуникације је круцијалан за остваривање везе између идеја и искуства. Комуникација се боље остварује кроз повезану наративну форму него кроз низ неповезаних тема. Веома је важно показати и како су те идеје укорене у раним дечјим насумичним покушајима решавања неких проблема. Наставници су, чак и када деца то нису, свесни доприноса ових активности развоју научног аспекта света око њих.

Велике идеје кроз курикулуме

Наука није једина област у којој могу бити приказане и искоришћене чињенице и слике у решавању неког проблема или у обради неке теме. Историчари настоје да специфичне догађаје прикажу кроз причу. Изучавање неких географских феномена омогућује извлачење и повезивање низа идеја. Исто би се могло рећи и за многе друге области знања, које постоје као домени у које су уграђена нека основна знања, вештине и ставови, али у којима, као и у случају науке, те основе нису експлицитно исказане. Њихово исказивање кроз развој великих идеја би сигурно требало да понуди и оквир за укључивање специфичних тема и типова изучавања у оквиру школских курикулума.

Оцењивање има изузетан значај

Један од разлога постојеће праксе фрагментације ђачког учења у многим областима је управо начин оцењивања. Конвенционални тестови и испити су дати у форми низа неповезаних питања која представљају неку врсту селекције у одређеном домену. Та питања омогућују добијање валијабилног скорца. Зато и не изненађује што то охрабрује учење кроз неповезане теме са циљем да се дају „прави“ одговори. Штавише, оцењивање, које је понекад од кључне важности за ђаке, утиче и на наставнике да се и сами укључе у садржај и начин онога што се оцењује. Када се ђаци и наставници оцењују на основу резултата теста или испита, онда је сасвим нормално да то само по себи намеће неке рестрикције у вези с укључивањем одређених садржаја учења. При том је једни циљ да се научи оно што најлакше може да помогне при избору оног шта је тачно, а шта нетачно. Овим се искључују садржаји које је тешко недвосмислено проценити као тачне или нетачне, на пример, апликација концепата, резонување, разумевање (као супротност чињеничном знању) и ставови који утичу на будуће учење. Иако је неке од резултата тешко уклопити у формални писмени испит, ипак их је могуће оценити кроз пројекте или током самог рада. Значај и сами критеријуми пресудног оцењивања утичу на сужавање фокуса. Ова „аномалија“ се шири и ка основној школи, у којој се тестирање све чешће употребљава, као мера квалитета наставника и саме школе.

У екстремном случају ово води ка томе да се више истиче оцена него оно што би требало да буде додатна вредност бољем разумевању кључних идеја и развоју способности резонувања и формирања одговарајућег става. Наставници су приморани да раде на начин који нити одговара њима нити задовољава ученике. На несрећу, став о чешћем спољњем тестирању

свих ученика опстаје, насупрот дводеценијским истраживањима која су показала негативни утицај и одбацила тврдњу да се „тестирањем подижу стандарди учења“. Ипак, није нам намера да развијамо дискусију о оцењивању, нити његовом повезивању са ефикасношћу школа, него да констатујемо да је крајње време за значајније истраживање и развој нових приступа у оцењивању, који би боље одражавали кључне идеје и вештине у свим доменима.

Недавне педагошке реформе у научном образовању

Недавне активности које имају за циљ да ђаци више заинтересују за науку биле су фокусиране на приступу реализацији научних садржаја. Посебно место је дато *инквјери методу* (*inquiry*, види страну 48) који је примењен у више земаља. *Инквјери метод*, правилно примењен, води ка разумевању и пружа могућност систематске рефлексије онога што је научено, тако да се нове идеје развијају из претходно усвојених. Ваци раде слично научницима, развијајући разумевање кроз сакупљање и употребљавање резултата тестирања, како би на одговарајући начин објаснили феномене које изучавају. Овакав начин рада има, према бројним искуствима, позитиван утицај на однос ученика према науци. Ипак, сувише је оптимистична претпоставка да је промена у педагошком приступу могућа без промене садржаја или курикулума. Примена *инквјери метода* захтева вештину наставника и време за обучавање и учење. Учење *инквјери* приступом омогућује продубљеније разумевање, али како оно захтева више времена, неопходно је и редуковати садржаје у курикулумима. Идентификација великих научних идеја је природни и неопходни пратилац промоције *инквјери метода* у научном образовању.

Идентификовање великих идеја у науци

Добро су познати многи покушаји идентификовања великих научних идеја, па се, сасвим логично, поставља питање: зашто том постојећем списку додавати и овај? Један од разлога је што ниједна од постојећих листи не задовољава у потпуности наше намере. Други се оправдава чињеницом да постојање саме листе нема битно значење ако иза ње не постоји и рационалност и одговарајуће мишљење. Штавише, тврдња да ђаци развијају разумевање применом *инквјери метода* захтева и неопходност идентификације тока когнитивног напредовања.

У вези са циљевима, намере овог семинара су се, као и касније активности које су омогућиле реализацију извештаја који је пред вама, састојале не само у опису идеја које је потребно усвојити на крају обавезног школовања него и самих идеја о начину њиховог усвајања. Ово истовремено захтева одлуке о природи тог напредовања, као и начинима њиховог исказивања. Било је неопходно поставити питања о начину идентификације тока напредовања – користећи логику повезаности и зависности једне идеје од друге, или евидентирањем ђачких идеја на различитим нивоима, или користећи и једно и друго, као и питања како то напредовање исказати а да се истовремено не изгуби веза са самом идејом.

Придавање посебне значаја резултатима кључних иситија за будућности ученика има њоком школовања пресуднији утицај на оцењивање него на оно чиме се постиже боље разумевање кључних идеја и развој вештине резоновања и формирања одговарајућих ставова

Природни пратилац промоције инквјери метода у настави наука је идентификација великих научних идеја

Да бисмо реализовали постављене циљеве, пошли смо корак по корак уназад, од идентификовања имена великих идеја. Разматрали смо принципе који би требало да воде ка одговорима о циљевима и процесу научног образовања. Идентификовање великих идеја није ништа друго него искључивање или укључивање материјала из свакодневног употребе. Зато одлуке треба да буду засноване на експлицитним и принципијелним расуђивањима.

Разматрали смо принципе на старту семинара, а у закључку смо их само набројали. Сесије су водили сви учесници, обухватајући концепцију великих идеја, критеријуме селекције, разматрање неких примера и постојећих оквира, природу напредовања и педагогију својствену принципима и развоју широког разумевања научних идеја и природе научне активности.

Ниједна од ових тема није дата у закључцима током двоиподневног семинара – на пример, није била усвојена листа великих идеја – али је рад настањен кореспонденцијом током месеци који су следили. У овом извештају су, после установљавања десет принципа који подржавају научно образовање свих ђака, објашњена размишљања која су претходила селекцији 14 великих идеја, од којих је десет *из науке*, а четири су *о науци*. Затим смо разматрали питање напредовања ка усвајању тих идеја, као и неке импликације за практични рад у одељењу, чија реализација се остварује имајући на уму те исте идеје. При приказу резултата семинара, као и каснијем раду, нисмо се позивали на специфичне референце из литературе или на сличан рад других аутора. Одлучили смо да се не позивамо на друге текстове да бисмо поткрепили своја становишта, али смо, ипак, назначили да смо узимали у обзир, свесно или несвесно, обиман број текстова и мишљења познатих аутора и истраживача. Као припрема за семинар коришћена је листа кључних извора, већ познатих учесницима. Друге изворе су додали учесници, а више их је било употребљено у припреми извештаја. Листа оних најинтересантнијих је дата у додатку.

Прво поглавље

Принципи који суштински подржавају научно образовање

Приказ принципа указује на вредности и стандарде за које сматрамо да би требало да буду водич у одлучивању и акцијама у научном образовању и на којима би одлуке и акције требало да буду валоризоване. Иако не постоји хијерархија у начину њиховог повезивања, ипак је логично почети од општих тежњи, сврхе, циљева и напредовања, следећи принципе који повезују искуства учења и импликације за школске научне програме.

Школа би требало да, током година обавезног школовања, кроз образовне програме, систематски настоји да развија и подстиче ученичку радозналост о свету, задовољство у научним активностима и разумевање начина на који могу бити објашњени природни феномени.

Научно образовање би требало да повећа ученичку радозналост, задивљеност и запитаност, засновне на њиховој природној наклоности ка налажењу значења и разумевања света који их окружује. Наука би требало да буде уведена и представљена ђацима у школи као активност коју реализују људи, укључујући и њих саме. Лична искуства откривања и повезивања старих и нових искустава не само да их узбуђују и задовољавају него им и потврђују да, примењујући *инквајери меџод*, могу и увећати постојећа знања. Оба процеса, као и резултати научне активности, могу да подстакну позитивне емотивне одговоре који се огледају у мотивисаности за даље учење.

У овом контексту посматрамо науку кроз више аспеката, пре свега кроз свеобухватно знање о свету и процесима посматрања, постављања питања, истраживања и резоновања о евиденцији посредством које се развијају и мењају знања и теорије. Наука схваћена на овај начин добија, али и потврђује кључну улогу у образовању већ на самом почетку школовања, не стављајући, при том, у други план важност основне и нумеричке писмености. Улога језика је круцијална за било коју врсту учења, а сама наука има специјалну улогу у нуђењу контекста и мотивације за његов развој. Комуникација и дискусија о идејама проистеклим из директног искуства захтевају од ученика да покушају да прихвате мишљења других, која затим користе да преформулишу своје идеје у складу са искуствима других. Дакле, развој језика и идеја о свету се сасвим природно одвија упоредо. Наука, такође, нуди кључне контексте за развој математичких вештина. Не тврдимо да сваки концепт може бити уведен и схваћен у раном образовању. Разумевање научних достигнућа на основу истраживања објеката и феномена, стимулисано радозналошћу о начину објашњења ствари у свету који нас окружује, и, као што је назначено даље (Принцип 4), није нешто што је присутно или одсутно него се комплексно развија уз повећање искуства.

Принцип да би наука требало да буде део раног основношколског образовања заснован је на чврстој евиденцији о њеном позитивном утицају. Основношколско образовање преиспитује дечје интуитивне ненаучне

Наука би требало да буде уведена и представљена ђацима у школи као активност коју реализују људи, укључујући и њих саме

идеје, које, ако остану непроверене, могу да интерферирају са њиховим каснијим разумевањем света.

Примена *научној инквајери методу* омогућује ђацима да се радују проналазећи нешто интересантно за себе, иницирајући истовремено поштовање природе научне активности, моћи и ограничења науке. Учење о људима и историји науке подржава схватање науке као важног људског напора, у коме се поуздано знање гради кроз систематску колекцију података и употребу доказа.

Главна сврха научног образовања јесте да оспособи сваку индивидуу да, као информисани субјекат, учествује у доношењу одлука, преузимању одговарајућих активности које ће бити за њену добробит и добробит друштва и окружења.

2

Примена научној инквајери методу омогућује ђацима да се радују проналазећи нешто интересантно за себе, иницирајући истовремено поштовање природе научне активности, моћи и ограничења науке

Научно образовање за све подразумева да је оно веома важно за све ученике, како оне који ће касније постати научници или технолози или, пак, радити на месту које захтева научна знања, тако и за све остале. Научно образовање је истовремено од користи за појединца, али и за друштво.

За ученике као појединце, научно образовање је од помоћи при развоју разумевања, моћи резонувања и формирања ставова који им омогућују да воде физички и емоционално здрав и успешан живот. Разумевање аспеката света који окружује појединца, како оног природног тако и оног насталог научног применом, не служи само да би задовољило и истовремено стимулисало радозналост него и као помоћ у личном избору од значја за здравље и уживање у окружењу, али и у избору каријере. Начин учења наука који омогућава разумевање може такође да помогне у развоју и стицању вештина неопходних за успешно сучељавање са изазовима савременог света, који се брзо мења. Развој ставова према науци и употреби чињеница при доношењу одлука помаже ученицима да постану информисани грађани, да одбаце шарлатанство и препознају када су чињенице селективно употребљене да би се аргументовано фаворизовала нека активност.

Добробит за друштво се такође остварује ако су појединци и групе боље информисани у вези са расипањем енергије и других ресурса, загађењем и последицама штетних дијета, физичке неактивности и неправилне употребе лекова. Дугорочни импакт људских активности на животну средину има широки спектар импликација, како на свакодневни живот појединца, тако и на будући живот целе људске врсте. Разумевање начина употребе науке у многоструким животним ситуацијама је неопходно да би се ценио њен значај и обратила пажња на правилан начин употребе научног знања. Ученик би требало да зна како технологија, користећи научно знање, може имати, тренутно и историјски, позитивни и негативни импакт на друштво. Повезивање науке са ситуацијама и објектима из свакодневног живота делује стимулативно на појачано интересовање за учење наука, али би требало такође да буде употребљено за развој општеприхваћеног става, локално и глобално, о последицама њених апликација.

Начин учења наука који омогућава разумевање може такође да помогне у развоју и стицању вештина неопходних за успешно сучељавање са изазовима савременог света, који се брзо мења

Повећање опште свести о улози науке у свакодневном животу, а посебно већа информисаност, која је резултат раног научног образовања, може довести до већег интересовања ученика у избору научне специјализације, али је пожељније да је то секундарни, а не главни ефекат који има наука за све.

3 Научно образовање има вишеструке циљеве. Оно би требало да тежи да развија:

- **разумевање сета великих идеја у науци које укључују и идеје из науке и идеје о науци и њеној улози у друштву,**
- **научну способност у вези са сакупљањем и коришћењем чињеница,**
- **научне ставове.**

Термин *идеја* се овде употребљава у смислу апстракције која објашњава опажене релације или својства. Он се разликује од свакодневне употребе речи *идеја*, која означава исказ који није обавезно заснован на искуству. Велика научна идеја је она која се примењује како би се повезивали објекти или феномени, док се идеја која се користи у примени специјалних опсервација или искустава може назвати мала. На пример, мала идеја је када констатујемо да се глиста добро адаптирала на животне услове у земљи, док би великој идеји одговарао исказ да су жива бића еволуирала током дугог временског периода да би могла да функционишу у одређеним условима.

Ђак би требало да, посредством научног образовања, развија разумевање великих идеја о објектима, феноменима, материјалима и релацијама у свету природе (на пример, сваки материјал је сачињен од малих честица; објекти су способни да делују један на други на растојању). Овакве идеје не само што нуде објашњења оног што је опажено и одговоре на питања која проистичу из свакодневног живота него пружају и могућност предвиђања још неопажених феномена. Научно образовање би такође требало да допринесе развоју велике идеје о *научном инквјери методу*, резонавању и методама рада (на пример, да је *научним инквјери методом* могуће остварити предвиђања заснована на вероватном објашњењу и проценити валидност различитих идеја у односу на доказе), као и идејама о вези између науке, технологије, друштва и окружења (на пример, да примене науке могу имати и позитивне и негативне друштвене, економске и еколошке последице).

Иако су ове велике идеје у фокусу наших разматрања, веома је важно нагласити да циљеви научног образовања укључују и развој научних способности и научног става.

Процена начина развоја научног знања би требало да буде бар једним делом заснована на искуству оствареном различитим врстама научног истраживања. Ђаци би, кроз овакав тип активности, требало да развију вештину постављања питања и налажења начина да на њих одговоре обједињавањем опажених чињеница и оствареног мерења, анализом и интерпретацијом података, као и ангажовањем у дискусији о оног што је нађено и начинима како је остварено.

Основни научни став подразумева жељу за учешћем у научној активности, тј. *инквјери методу* и истраживању научним путем. Циљ научног образовања би требало да укључи и жељу за прикупљањем података на контролисани и систематски начин, непристрасност при њиховој интерпретацији, рад у сарадњи са другима, критичко преиспитивање тврђења и предложеног објашњења и, током *инквјери* процеса, одговорно понашање у односу на животно окружење, своју и сигурност и добробит другог.

Ови вишеструки циљеви се не могу остварити независно један од другог. У процесу учења се остварује њихова међусобна интеракција. На пример, *реално разумевање* захтева способности, попут укључивања и употребе евиденције и резонувања, али и радозналост, као и респект према евиденцији и прихватању нових идеја. Њихово остваривање неопходно укључује и употребу језика – усменог, писменог и математичког – при опису особина и релација између објеката и феномена, као и препознавање научног значења речи које имају потпуно други смисао у свакодневном животу.

4 **Неопходан је јасан напредак ка циљевима научног образовања, указивањем на идеје које је потребно реализовати на различитим нивоима, ослањајући се на пажљиву анализу концепата, текућег истраживања и разумевања начина учења.**

Циљ научног образовања такође укључује развој научних способности и научног става... Њихово остваривање је незамисливо без употребе усменог, писменог и језика математике

Деца доносе у школу идеје о свету формиране кроз своје активности, посматрања и размишљања у свакодневном животу. То су полазне тачке за развој разумевања, способности и ставова, као основних циљева научног образовања. Помагање напретка ка том циљу захтева нека знања о његовом правцу и природи, при чему је посебно важно шта ученик очекује да ће научити, разумети, урадити и како резонује о том напретку током низа етапа школског образовања.

Идентификовање тока овог прогреса захтева, истовремено, да се логичком анализом нађу једноставније идеје, неопходне као основа за развијање оних комплекснијих (на пример, идеје о маси и запремини пре увођења појма густине) и – пошто људско биће не мора неопходно да развија логичке идеје – емпиријску евиденцију о начину развоја мишљења. Посматрано у оквиру очекиваног фокуса истраживачких питања, ови приступи нису независни. Ипак, можемо да, посматрајући како ученици дају смисао оном што су искусили, понудимо богати опис промена у њиховом начину мишљења, које указују на напредак ка постављеним циљевима.

Научне идеје су често врло комплексне па напредак на том пољу зависи од ширења искуства, развоја резонувања и приступа различитом начину објашњења феномена, особина и релација. Због тога ће и сам напредак бити различит од ђака до ђака, у зависности од прилика које им се пружају у школи и ван ње. Прецизан опис напретка, примењив на све ученике, управо је због тога нереалан, али ипак постоје општи трендови који омогућују шири опис оног што се може очекивати на различитим нивоима током школовања, од предшколског, преко основног до средњошколског образовања. Ови трендови укључују:

- чешће коришћење могућности објашњења неких особина коришћењем карактеристика које није могуће директно опазити,
- свест о неопходности разумевања неколико фактора кључних за објашњење феномена,
- већу квантификацију оног што је опажено, уз коришћење математике, која експлицитније изражава повезаност опаженог и продубљује разумевање,
- ефектнију употребу физичких, менталних и математичких модела.

Посматрајући како ученици дају смисао оном што су искусили, можемо да понудимо бољи опис промена у њиховом начину мишљења, које указују на напредак ка постављеним циљевима

Препознавање и примена овако уопштеног тренда подржава флексибилнији приступ напретку него онај који истиче секвенцијалне активности које не могу задовољити потребе свих ђака, али о овом ће бити више речи у дискусији у вези са следећим принципом.

5 Напредак ка великим идејама би требало да се оствари изучавањем тема које су занимљиве ђацима, али су и релевантне за њихов живот.

Веома је битно правити разлику између докумената који разматрају курикулум преко појединачних циљева које треба учењем реализовати (што је чест случај с националним курикулумом) и активности у одељењу које остварују ученици. Школски програми су понекад описани као курикулуми, али их ми овде употребљавамо у смислу докумената чији циљеви и интенције се односе на низ година школовања одређеног нивоа. Улога курикулума није, бар у овом смислу, да покажу како се постављени циљеви могу остварити. Ову улугу имају наставници и упутства за реализацију пројеката или аутори програма. Такви материјали истичу и садрже примере искуства која се остварују учењем, објашњењима и знатно једноставнијим приступима у настојању да се остваре циљеви у Принципу 3, али и омогућују суочавање са стандардима у другим принципима. Ово би требало да помогне наставницима да успешније понуде релевантна и важна искуства у учењу која су уочили, а која мотивишу ђаке. Главно питање за предлагаче програма и наставнике је како да осигурају да *мале* идеје, развијене изучавањем специјалних тема, омогуће постепено формирање *већих*.

Један одговор је да је потребно анализирати *а ђиори* услове сваке велике идеје како би се креирао низ вежбања која би требало комбиновати с теоријом да би се постигло жељено разумевање. Потребно је да ученици поверују да, при суочавању са структурираним материјалом и пажљиво издељеним активностима, ако ово ураде данас, сутра ће нешто разумети. Међутим, употреба овог приступа истовремено означава раскид са доста тога устаљеног када је у питању начин учења, а посебно када је реч о давању смисла искуству. Ученици налазе да је врло тешко научити нешто с разумевањем на основу задатака који су им наизглед без неког смисла. Они уче много брже када имају могућност да повежу ново искуство са већ познатим, када имају времена да разговарају и поставе питање, а то их и мотивише да дају одговор. Ово подразумева активности које омогућују ђацима да раде с реалним објектима и на реалним проблемима. Значи, програми обучавања и учења требало би да буду довољно флексибилни да омогуће уочавање разлика у искуству и у оном што локална средина може да пружи. Тако су ђачка заинтересованост и љубопитљивост употребљени као полазне тачке у раду ка остварењу општих циљева. Ове активности нису типичне за рад око неке идеје у оквиру структурираног програма. Активности које имају неки смисао и интерес за ђаке често доприносе развоју неколико повезаних идеја.

Ученици налазе да је врло тешко научити нешто с разумевањем на основу задатака који су им наизглед без неког смисла

6 Искуства стечена учењем требало би да рефлектују аспекте научног знања и научног инквајери методa који су експлицитни и у складу са савременим научним и образовним мишљењем.

Наука се често представља скупом чињеница и теорема које су могу доказати као тачне. Реч *објективно* се често употребљава за опис *научног методa*, подразумевајући истовремено да постоји један приступ који је на неки начин независан од људског расуђивања и вредности. Супротно томе, данас влада мишљење да наука нема статички смисао јер теорије зависе од доступне евиденције и као такве су подложне променама као последица појаве нових евиденција. Наука је виђена као резултат људских

Наука виђена као разумевање света више делује као стимуланс и подстицај ученицима него као низ механичких процедура утврђивања правилних одговора

настојања, која, да би се нешто остварило, укључују креативност и имагинацију подједнако као и пажљиво одабране податке и интерпретацију оних који генеришу евиденцију. Историја науке нуди низ примера промена у начину схватања неких ствари. Врло је илустративан пример соларног система. На основу способности разумевања и доношења одлуке о томе шта би требало урадити на основу познате евиденције, која, евентуално, иде у прилог новим идејама, могао би се стећи утисак да су те идеје наизглед очигледне. Али, оне у одређеном тренутку захтевају помак, скок у креативном мишљењу, које води до новог скупа евиденција. То је, у ствари, мешавина индуктивног и дедуктивног резонавања. Идеје које су подржане низом поновљивих експеримената стичу статус *чињеница*, али њихова стабилност зависи од обимности евиденције. Наука виђена као разумевање света више делује као стимуланс и подстицај ученицима него као низ механичких процедура утврђивања *правилних одговора*.

Научна активност и научно мишљење, било да је у питању научник или дете, превасходно теже разумевању. Битна разлика између науке и технологије је управо у томе што ова последња настоји да реши проблеме дизајнирањем и креацијом производа. При развоју разумевања крајњи став о научној валидности се извучи евиденцијом из физичког света. Управо у том погледу се наука разликује од математике, у којој је логика основа резонавања. Постоји више разлога за комбиновање науке, математике и технологије у обучавању и учењу, али је истовремено веома важно да се препозна њихов различит допринос генерисању знања и разумевања. Атрактивност математике је у прецизности, давањем недвосмисленог одговора. У поређењу с њом наука може да изгледа непрецизно. То је зато што зависи од евиденције, која може бити несигурна или отворена за низ интерпретација, а не само зато што је то ствар мишљења или непотврђеног веровања.

7 Све научне активности у оквиру курикулума би требало да продубљују разумевање научних идеја колико и амбиција, попут развоја ставова и способности.

Није случајно што је развој великих идеја на првом месту листе циљева у оквиру Принципа 3. Због тога би требало да имају и приоритет при формирању искуства у учењу. Многи начини учења у науци такође доприносе развоју ставова и способности. Али активности које имају само ове некогнитивне циљеве и немају тему у оквиру материјала који може да води развоју научних идеја не доприносе довољно научног образовању. Вештине морају бити употребљене у вези с неком темом у оквиру одређеног материјала: нешто мора бити опажено; подаци морају бити о нечему. Ако то *нешто* није у вези са разумевањем физичког и живог света, употребљена вештина је више генеричка него научна. Слично, активности дизајниране само за забаву или узбуђење нису ништа више део научног образовања од ватромета.

Као и код свих других учења, постоје различите врсте мотивације за учење науке – неке су унутрашње, проистекле из интереса за дату тему, а неке су спољашње, у облику узбуђења или награде. Постоји жеља за привлачном, брзом демонстрацијом која води до питања која ће ђаци истраживати. Ипак, посебно је важно да се наставник у основној школи увери да дечје активности иду и даље од задовољства, односно да помажу повећано

разумевање ствари које их окружују. Ово не значи да ће млађи ученици бити увек свесни неопходности примене великих идеја које им у активно-стима помажу да разумеју, што је знатно вероватније код ученика у старијим разредима основне школе. Али, наставник би требало да буде свестан како активности доприносе развоју мишљења, као и да се та два процеса често могу остварити заједно. На примарном нивоу, где велике идеје могу изгледати веома далеко од дечјег разумевања, наставнику је потребна помоћ у препознавању важности напретка ка великим идејама, полазећи од оних мањих, а које су развијене претходним искуством.

8 Ћачки програми учења, као и почетни тренинзи и професионални развој наставника требало би да буду конзистентни с методама учења и обучавања који омогућују остварење циљева наведених у Принципу 3.

Да ли ученик разуме или не неку идеју зависи од тога колико му то помаже да да смисао експерименту у одговарајућем тренутку. Процес давања смисла неком новом експерименту укључује употребу идеје која би омогућила предвиђање које ће бити тестирано новим експериментом, посредством неког облика *инквјери методе*. Могуће је покушати са неколико идеја које потичу од претходних експеримената или су их предложили други ћаци, наставник или неки извор информација. Ако су ћаци приморани да прихвате идеје које, понекад, могу бити у конфликту са њиховим интуитивним идејама, без прилике да *се сами увере*, мало је вероватно да ће те идеје реално употребити у давању смисла стварима које се налазе око њих. Дакле, наставнички метод би требало да буде такав да омогући ћацима да граде разумевање одговарајућим предвиђањем, заснованим на: могућим идејама, подацима прикупљеним на различите начине, њиховој интерпретацији, преиспитивању оног што је нађено у односу на предвиђања и кроз дискусију колико су те идеје биле корисне.

Немогуће је све идеје, дате у оквиру циљева научног образовања, испитати једноставном манипулацијом објеката. У пракси је врло често неопходно употребити и друге типове *инквјерија*, попут посматрања и корелационих изучавања, на пример у случају соларног система и унутрашњих делова људског тела. Физичка активност је у овом случају мање важна од менталне, у којој би ћаци требало да буду учесници у интелектуалном смислу у настојању да добију и употребе евиденцију, као и да буду активни учесници у међусобној дискусији.

Колико год је важан развој научних идеја, важно је и учешће у неком облику *инквјерија* који ћацима нуди непосредно искуство у развоју разумевања о науци и начину како научници решавају своје проблеме. Наставник би, стога, начином рада требало да пружи прилику ћацима да на основу учешћа у *научном инквјерију* размисле о начину на који су видели и употребили евиденцију, као и колико је на њих имала утицаја дискусија при развоју разумевања. Разумевање природе, моћи и ограничења научних покушаја се такође успешније остварује учењем о садашњем и прошлом раду научника. На пример, како научници постављају и дају одговоре на питања, шта их наводи на постављање тих питања, каква дискусија затим следи и како је разлика у погледима решена.

На примарном нивоу, где велике идеје могу изгледати веома далеко од дечјег разумевања, наставнику је потребна помоћ у препознавању важности напретка ка великим идејама, полазећи од оних мањих, а које су развијене претходним искуством

Физичка активност је у овом случају мање важна од менталне, у којој би ћаци требало да буду учесници у интелектуалном смислу у настојању да добију и употребе евиденцију, као и да буду активни учесници у међусобној дискусији

Семинари за наставнике, оне који се припремају или су већ запослени у образовању, требало би да укажу да је наставницима, као и ученицима неопходно искуство у научној активности и дискурсу прилагођеном њиховом нивоу. Ти курсеви би требало да укључе вођење различитих врста научног истраживања, праћеног рефлексijом о условима и улози наставника у подршци разумевању како саме науке тако и о науци.

9 **Оцењивање има кључну улогу у научног образовању. Формативна оцена ђачких достигнућа и сумативна оцена њиховог напретка морају бити примењене на све циљеве.**

Оцена посматрана као интегрални део наставе, а која има циљ да помогне учење ученика описује се као формативна. Рационално је претпоставити да ђаци, да би учили с разумевањем, треба да почну од идеја и вештина које већ поседују. Улога наставника је да олакша ово учење уверавајући их да те активности управо нуде прави низ изазова за развој идеја и вештина. Значи, потребно је уочити када су ученици у развоју и знању способни да напредују. Важан део овог процеса је помоћ ученицима у препознавању циљева неке активности и начина процене ширине достигнућа тих циљева, тако да и сами могу да одреде своју улогу у реализацији одговарајућих напора. Употреба оцењивања се у овом процесу дешава упоредо с развојем неке активности, а не после нечег наученог, као што је то случај у сумативном оцењивању, па би зато требало да буде уграђено у програме и приручнике које користе наставници. Потпуно је јасно да формативно оцењивање мора бити у вези са свим циљевима, под условом да је наставник осигурао најбоље могућности за њихово остварење.

Употреба оцењивања као помоћи у учењу се одвија упоредо са развојем неке активности, а не после нечеј наученој, па би зато требало да буде уграђено у програме и приручнике

Сврха сумативног оцењивања је потпуно другачија од формативног. Оно служи да покаже шта је у одговарајућем тренутку постигао ученик, како би то било приказано, на пример, родитељима и одговорнима или новом наставнику приликом преузимања дужности, као и самим ђацима. Као сумативна, ова информација није тако детаљна као у случају формативног процеса. Може бити изведена из информација које су сакупљане и коришћене као помоћ у учењу, а ослања се на информације засноване на опису достигнућа на различитим нивоима. Она, такође, може бити остварена провером оног што ђак може да уради на одређеном нивоу, давањем теста или специјалних задатака. Међутим, у том случају је врло тешко осигурати да сви циљеви буду процењени, јер то ограничавају квантитети тестова и специјалних задатака, док наставници могу да сумирају информације сакупљене из широког спектра активности. То је сигурно комплетније у односу на циљеве учења. Комбинација наставничког оцењивања и специјалних задатака, где су задаци употребљени да се уравни тежи наставничкова оцена, вероватније нуди податак с неопходном мером валидности и реалности.

Претпоставља се да оцена и образложење рефлектују оно кључно стечено знање, па је веома битно да се то не ограничи на оно што је могуће брзо тестирати.

10 **Школски програми би, радећи на остварењу ових циљева, требало да промовишу сарадњу између наставника и ангажују ширу и ужу заједницу, укључујући и научнике.**

У свим областима учења, школа може имати само корист ако упозна родитеље и друге у заједници са начином рада у остварењу својих циљева.

Школски живот, као део дечјег искуства, и ваншколски часови могу бити подршка дечјем раду у школи ако шира заједница схвати које циљеве би требало да оствари школа. За научно образовање је веома важно да у друштву буду схваћена његова улога у разумевању света који нас окружује, јер тиме и његове могућности постају виртуелно неограничене. Вредности школске визије и циљева могу знатно превазилазити ђачку корист. Многе школе омогућавају родитељима и другима да стекну исту врсту искуства у *научном инквјерију* као и сами ђаци и на тај начин развију лично разумевање примера научно заснованих појмова, попут закона одржања енергије, рециклаже материјала и заштите животних станишта.

Ђаци могу да стекну изузетно корисна искуства у школи при реализацији програма који охрабрују наставнике да раде заједно и с локалном заједницом. Наука је комплексна и свака промена њене презентације у школи је врло захтевна. Мали број наставника је потпуно компетентан у свим областима науке коју треба да презентује деци. Многи од наставника у основној школи се осећају сигурно само у неколико области науке. Неки су, у вишим разредима основне и средњој школи, приморани да презентују све области науке иако су продубљеније студирали само једну или две. Зато сви могу имати само корист од програма који омогућају наставницима да упореде, на различите начине, своју компетентност са другима, да могу да добију савете и идеје о научним применама у локалној индустрији од научника, као и од оних ангажованих у основним научним активностима у локалној заједници. Омогућавање студентима науке или истраживачима да понуде своју *online* помоћ или посете школе и при том раде директно са ђацима или понуде своја знања и помоћ наставницима из своје уже области омогућаје научној заједници да допринесе побољшању научног образовања.

Сви моју имајте само корист од програма који омогућају наставницима да упореде, на различите начине, своју компетентност са другима, да могу да добију савете и идеје о научним применама у локалној индустрији од научника, као и од оних ангажованих у основним научним активностима у локалној заједници

Друго поглавље

Селекција великих идеја у науци

Продискутоваћемо одговоре на нека питања која дају оквир нашој селекцији великих идеја и идентификацији њиховог прогреса. Главна питања су:

- Да ли би требало да се бавимо великим идејама у науци или великим идејама научног образовања – или су оне једно исто?
- Колико *велика* би требало да буде велика идеја?
- Да ли би требало да се ограничимо на оне идеје које су *произашле из* научне активности – идеје о свету природе – или укључити и идеје о научној активности и о употреби научних идеја?

Овде није укључено питање у вези са ученицима којима су ове идеје и намењене. Стога је од самог почетка наша главна намера била да разматрамо велике идеје које би требало да буду међу остваривим циљевима научног образовања на крају обавезног школовања, за *све* ђаке. Било да ђак, у даљем школовању, наставља или не изучавање наука, те идеје су потребне сваком јер омогућују давање смисла ономе што опажа у свету природе, као и активно учешће у одлукама заснованим на науци, које се тичу његове и добробити других.

Да ли су научне идеје и идеје научног образовања једно исто?

Ако разматрамо само идеје потребне људима у суочавању са научно заснованим питањима и одлукама из свакодневног живота, онда је то дискусија стриктно у области *научног образовања*. Још увек остаје отворено питање да ли би велике идеје коришћене током изучавања природе у школи требало да буду исте као и оне креиране кроз активност научника. За сада је сасвим очигледно да би оне требало да буду једно исто. У супротном би се створио огроман јаз између *науке у школи* и *реалне науке*, сличан оном на Западу за време и одмах после Другог светског рата. Али, шта са достигнућима научника који раде на фронтима знања у скоро свим областима науке – на пример, употребом Великог хадронског сударача се истражују услови у време Великог праска или, пак, декодирање генома организама – а то су, сасвим сигурно, врло комплексна знања, знатно изнад оних приступачних ђацима у школи? Ова истраживања могу сигурно да доведу до нових идеја о пореклу универзума или оног што одређује разлике између организама. Ипак, иако креирање и тестирање нових идеја може да укључи екстремно комплексне технологије сакупљања релевантних података, саме идеје не морају бити и неопходно комплексне за ђаке у школи. Као што се то често и дешава, једном идентификована идеја изгледа врло очигледна. Тако се Томас Хаксли, читајући *Порекло врста*, резигнирано преко ревао: „Како сам био глуп па нисам помислио на то.“ Чак су и феномени који се изучавају Великим хадронским сударачем и геномиком разумљиви на одређеном нивоу неком ко је схватио да је *материја сачињена од врло сићушних честица* и да *ћелије сваког организма садрже јенейски материјал*

који помаже да се одреде њихове карактеристике. Ови аргументи наводе на закључак да су велике идеје у научном образовању рефлексивне великих идеја у науци, изражених на начин примерен ученицима различитих нивоа когнитивног развоја.

Курикулум изражен посредством ових великих идеја би требало да опстане од 10 до 15 година у многим националним курикулумима. Сасвим је сигурно да ће се начин на који су фундаменталне научне идеје приказане и изучаване мењати како научно знање напредује и како се приказују садржаји кроз које су оне развијене. Међутим, циљеви учења, постављени у курикулумима посредством великих идеја, имају знатно дуже време живота него саме теме које су изучаване у неком тренутку.

Велике идеје у научном образовању су рефлексивне великих идеја у науци, изражених на начин примерен ученицима различитих нивоа когнитивног развоја

Колико су велике велике идеје?

Велику идеју дефинишемо као идеју која може бити употребљена да објасни и да предвиди дешавања у вези са опсегом одговарајућег феномена у природи. Ипак, идеје имају различит домет, оне релативно мање могу да се повежу у већу, а затим ова може да буде део још веће, односно свеобухватније идеје.

Мала идеја се врло лако уклапа у делове сродних домена различитих научних дисциплина. Када бебе почну да формирају идеје, оне то, сасвим сигурно, раде повезујући их са специфичним догађајима из свог врло ограниченог света. Међутим, убрзо почињу да идентификују прототипове посматраних објеката и догађаја, односно прототипове који рефлектују оно што препознајемо као различите домене науке. Тако у првим годинама живота бебе разликују живе и неживе објекте, препознају разлике између супстанци. Ови исти прототипови су нађени у дечјем разумевању у низу земаља у којима је реализована студија понашања беба. Изгледа да је то корен идеја које се налазе у области биологије, физике и хемије. Зато и није изненађујуће да велике идеје које смо идентификовали спадају у ове домене науке. Ипак, изражавање циљева терминима карактеристичним за одговарајући домен не значи да је оно што се учи у оквиру садржаја домена или тема то што захтева тај домен. Ово би, заиста, било у сукобу с другим принципима у одељку 1.

Постоје такође и свеобухватнији концепти који премашују границе домена научних идеја. Они су малобројни и на врло високом апстрактном нивоу. Сврставамо их у две врсте – идеје о свету који нас окружује (као што је скалирање, симетрија, каузалност, форме и функције) и идеје о начину на који су научне идеје генерисане кроз научну активност.

У првој врсти су идеје које могу бити реализоване само када су домени у којима оне делују сигурни. Оне укључују, на пример, концепт система, попут скупа међусобно повезаних делова садржаних у већем ентитету, који су прикладни за изучавање као целина. Такви системи постоје унутар организама, унутар машина, унутар неке заједнице и унутар галаксије. У њима постоје догађаји код којих се одржавају неке особине или количине. На пример, маса, наелектрисање, енергија, ангуларни моменат, гени при деобе ћелије. Друга свеобухватна идеја, на пример, указује да понашање објеката и система показује неку регуларност која омогућује успоставља-

ње веза чијим изучавањем је могуће предвидети резултат неког процеса. Истовремено, никада нисмо потпуно сигурни у оно што опажамо или меримо, јер увек постоји нека несигурност у вези с оним што смо добили, пошто су неки резултати вероватнији од других.

Друга врста свеобухватних идеја је у вези с начином формирања и промене научних концепата. Она укључује идеје о природи евиденције, различитим типовима и нивоу објашњења, као и домета и ограничења начина на који је комплексни систем моделиран.

Разматрајући алтернативе које се пружају ученицима, који могу и не морају брзо да напредују у активностима заснованим на науци, установљено је да им изгледају знатно корисније мање општије идеје у оквиру неког научног домена. Управо на том нивоу, научно образовање помаже и тежи да се подстиче развој великих идеја код свих ученика, имајући, при том, на уму напомене дате у вези са 5. принципом о важности разликовања циљева курикулума и искуства стеченог учењем. Даљи колапс у области ужих идеја је, наравно, могућ, али се ризикује губитак веза између мањих идеја које им омогућују да се укључе у кохерентну већу идеју. Наративна форма изражавања значења великих идеја, радије него навођење листе изолованих карактеристика, једно је од настојања да се сачува њихова целовитост.

Који критеријум би требало употребити при селекцији великих идеја?

Није само *величина* идеје то што треба разматрати. Идентификацију великих идеја чини тешком и расуђивање о њиховој релевантности и важности у општем образовању целе популације. Не можемо упаковати целу науку у циљеве курикулума, зато је неопходно размотрити шта можемо изоставити. Да ли је могуће, рецимо, да управо поменути примери – Великог хадронског сударача и геномике – не буду разматрани као приоритети у том контексту? Многи покушаји идентификовања те листе почињу с намером да се укључи само мали број идеја, а завршавају се тек малим реаранжирањем познатог садржаја. Врло је тешко рећи да неке чињенице и идеје нису потребне. Управо због тога мислимо да је од мање помоћи детаљна идентификација садржаја које би требало научити него имати на уму идеје, које:

Тешко је рећи да неке чињенице и идеје нису потребне

- универзално су примењиве,
- могу бити развијене кроз различите садржаје, изабране као релевантне, интересантне и мотивишуће,
- могу бити примењене на нове садржаје и омогућују ученицима разумевање ситуација и догађаја, још увек непознатих, а са којима се могу неочекивано суочити током живота.

Ова места су наглашена у процесу учења и примене знања тако да велике идеје бивају употребљене као моћно оруђе у интерпретацији и разумевању промена које се дешавају у свету.

Такво разматрање утиче на критеријум селекције великих идеја. Комбинација напред поменутих сугестија води до закључка да би велике идеје требало да:

- имају велику моћ објашњења, примењиву на велики број објеката, догађаја и феномена са којима се ђаци срећу у животу пре и после школовања,
- нуде основу за разумевање и учествовање у доношењу одлука које могу бити од великог значаја за добробит и здравље људи, животно окружење и употребу енергије из природе,
- нуде радост и задовољство способношћу налажења одговора на питања која постављају људи о себи и природи,
- имају и културни значај – на пример, у промени услова за људски живот – рефлектујући достигнућа у историји науке, инспирисана изучавањем природе и импактима људске активности на животно окружење.

Заједно, ови критеријуми сугеришу да се селекција идеја не остварује само због инструменталних намера него и да допринесе задовољству разумевања природе научне активности и оног што је током ње откривено. Ово води до питања о инклузији идеја о науци и како су употребљени како наука тако и идеје о њој.

Да ли би велике идеје требало да укључе идеје о науци и како их употребити?

Питање је да ли ограничити дискусију на велике научне идеје – оне теорије, принципе и моделе који објашњавају природне феномене – или укључити велике идеје о процесу доласка до тих теорија, принципа и модела на основу филозофске дебате о природи науке. У извесном смислу, оно је избегнуто исказивањем нашег виђења науке као многоструког, свеобухватног знања о свету и процесу доласка до тог знања. У научном образовању ови аспекти фитују један са другим јер желимо да ученичко разумевање укључи како процес научне активности тако и идеје куда он води. Заиста, врло је тешко замислити њихово раздвајање у процесу научног образовања јер, без познавања начина развоја идеја, учење науке би захтевало слепо прихватање многих идеја о природи које су супротне свакодневном схватању.

С друге стране, епистемолошка веза између научног садржај и процеса је мање очигледна. Основа евиденције садржаја идеја о природи се налази у понашању ентитета и организама, док је основа евиденције идеја о научним процесима у активностима људи, научника, који настоје да дођу до садржаја идеја. Ни до једне врсте идеја се не долази без слободног резновања, али идеје о процесима су, у том погледу, знатно мање изазовне.

Ипак, разлози за дефинисање великих научних идеја нуде јаке аргументе за укључивање идеја о научној активности. Млади људи се, у свету све зависнијем од научне примене, могу осећати беспомоћним без неке врсте разумевања не само тога како ствари могу бити објашњене него и како проценити квалитет информација на којима је објашњење засновано. Ова евалуација у науци зависи од коришћених метода сакупљања, анализе и интерпретације података. Преиспитивање заснованости идеје омогућује нам да одбацимо тврђења заснована на лажној евиденцији која је селективно употребљена да подржи само одређене акције. Ово је кључна улога употребе научног знања у евалуацији евиденције са циљем да се донесу

Млади људи се, у свету све зависнијем од научне примене, могу осећати беспомоћним без неке врсте разумевања не само тога како ствари могу бити објашњене него и како проценити квалитет информација на којима је објашњење засновано

одлуке попут оних у вези са употребом природних ресурса. Ова способност се често описује као конститутивни део *научне њисменосџи*. Ипак, домет ове фразе је толико проширен да њено значење постаје неодређено, па је управо због тога нисмо ни користили у овој дискусији.

Приказ изабраних великих идеја

Дискусија у вези с овом темом нас је довела до селекције следеће листе идеја које би требало реализовати на крају обавезног школовања. Овај кратак приказ нема намеру да буде комплетан него једино да укаже на домет сваке од њих. У поглављу 3 смо навели идеје у наративном облику, што више одговара приказу напретка на том плану.

Научне идеје

- 1 Сви материјали у универзуму су сачињени од врло сићушних честица**

Атоми су основни градивни елементи свих материјала, како живих тако и неживих. Особине различитих материјала су обајшњене понашањем атома. Хемијским реакцијама долази до прегруписања атома у супстанцама, што као последицу има формирање нових супстанци. Сваки атом је сачињен од језгра, које садржи неутроне и протоне, око кога круже електрони. Супротна наелектрисања протона и електрона се привлаче, одржавајући заједно атоме, чиме се објашњава и формирање неког једињења.
- 2 Један објекат може деловати на неки други на растојању**

Неки објекти имају особину дејства на друге објекте на дистанци. У неким случајевима, попут звука и светлости, тај процес се дешава посредством зрачења које се простире од извора до пријемника. У другим случајевима дејство на даљину је објашњено постојањем поља силе која делује између објеката. То је, на пример, случај са магнетским и универзалним гравитационим пољем.
- 3 Промена кретања неког објекта је последица дејства неке силе на њега**

Објекти мењају брзину кретања само ако на њих делује нека сила. Гравитација је универзална привлачна сила која делује између свих објеката, било малих, било великих, проузрокујући одржавање кретања планета око Сунца и падање замљских објеката ка центру Земље.
- 4 Укупна сума енергије у универзуму је увек иста, али енергија може да се трансформише при промени ствари или проузроковању тих промена**

Многи процеси или догађаји укључују промене и захтевају енергију да се оне десе. Енергија се са једног на друго тело може пренети на различите начине. У тим процесима се нека енергија мења у облик који је теже употребљив. Енергија не може да буде ни створена ни уништена. Енергија добијена из фосилних горива није више доступна у погодном облику за употребу.

5 **Састав Земље и њене атмосфере, као и процеса који се унутар њих дешавају обликују површину Земље и климу на њој**

Радијацијом која потиче од Сунца долази до загревања површине Земље, што проузрокује конвекцију струје у ваздуху и океанима, а тиме и креирање климе на Земљиној површини. Загревањем испод површине, које је последица топлоте која потиче од унутрашњости Земље, долази до кретања отопљених стена. Чврста површина је подложна сталним променама које настају током процеса формирања и ерозије стена.

6 **Наш соларни систем је врло мали део милиона галаксија у универзуму**

Соларни систем чине наше Сунце, осам планета и других мањих објеката који круже око њега. Појаве дана, ноћи и годишњих доба се објашњавају оријентацијом и ротацијом Земље при кружењу око Сунца. Соларни систем је део галаксије звезда, једне од много милиона у универзуму, огромног растојања од нас, од којих многе имају своје планете.

7 **Живи организми имају ћелијску организацију тела**

Сви живи организми су сачињени од једне или више ћелија. Вишећелијски организми имају ћелије које се разликују према функцији. Све основне животне функције су резултат процеса који се дешавају унутар ћелија, од којих је састављен неки организам. Раст организма је резултат вишеструких ћелијских деоба.

8 **Организмима су неопходни енергија и градивне материје, због чега су често зависни од других организама или су у конкуренцији са њима**

Организми добијају, путем хране, градивне материје и енергију, који су неопходни за обављање основних животних функција и раст. Неке биљке и бактерије су способне да користе енергију Сунца и тако синтетишу сложене молекуле хране. Животиње се снабдевају енергијом тако што разлажу ове сложене молекуле и потпуно су енергетски зависне од биљака. У сваком екосистему између врста постоји конкуренција за енергију и материје, који су неопходни за живот и репродукцију.

9 **Генетичке информације се преносе са једне генерације организама на другу**

Генетичке информације се у ћелији налазе у ДНК молекулу у облику генетичког кода који се заснива на комбинацији четири једињења (у виду почетних слова назива ових једињења). Гени одређују развитак и структуру организама. При бесполном размножавању сви гени једног потомка потичу од истог родитеља. При полном размножавању половина гена потомка потиче од једног, а друга половина од другог родитеља.

10 **Диверзитет организама, живот на Земљи и изумирање резултат су процеса еволуције**

Сви организми који данас живе на Земљи су потомци заједничког претка, који је био једноставни једноћелијски организам. Генетичким променама кроз безброј генерација, чији је резултат појава различитости у оквиру појединих врста, остварује се селекција оних индивидуа које су најбоље прилагођене преживљавању под одређеним условима средине. Организми који нису способни да на задовољавајући начин одговоре променама у њиховом окружењу – нестају.

Идеје о науци

11 **Наука претпоставља да за сваку последицу постоји један или више узрока**

Наука тражи објашњење или разумевање феномена у природи посредством узрока. Предложено објашњење би требало да буде засновано на евиденцији оствареној посматрањем или експериментом. Не постоји јединствен научни метод за генерисање и тестирање научног објашњења.

12 **Научна објашњења, теорије и модели би требало најбоље да фитују познате чињенице у датом тренутку**

Научна теорија или модел представљају реалције између променљивих или компонената система и морају да фитују резултате посматрања, доступне у том тренутку, као и да дају предвиђања која могу бити тестирана. Свака теорија или модел су провизорни и подложни ревизији у светлу нових података, чак и када су њихова предвиђања у сагласности са подацима из прошлости. Сваки модел има свој домет и ограничења у објашњењу оног што је опажено.

13 **Знање створено науком је употребљено у неким технологијама које стварају производе за добробит човечанства**

Употреба научних идеја у технологији је имала за последицу значајне промене у многим аспектима људске активности. Напредак у технологији је пружио могућност даљих научних активности. Заузврат, ово повећање разумевања помаже у задовољењу људске радозналости о природи. У неким областима људске активности технологија је испред научних идеја, док у другим научне идеје претходе технологији.

14 **Научне примене имају врло често друштвене, етичке, економске и политичке импликације**

Употреба научног знања и технологија чини многе иновације могућим. Сама наука не може одлучити да ли су неке научне примене пожељне или не. Етички и морални ставови могу бити неопходни у случајевима када се разматра људска сигурност и утицај на људе и животно окружење.

Треће поглавље

Од мале до велике идеје у науци

Јасно је да су идентификоване велике идеје комплексне и углавном укључују апстракције које знатно превазилазе могућности деце млађег узраста. Оне не могу бити презентоване у том облику. Сваки покушај да се ради на такав начин доводи до механичког меморисања речи које немају битно значење у вези са догађајима у природи. Зато се морамо запитати којим путем деца развијају ове велике идеје из науке и о науци, полазећи од њиховог раног истраживања објеката и догађаја у окружењу.

Дечје ране идеје о свету који их окружује

Посматрајући како бебе, нешто после рођења, покрећу главу и очи, закључено је да усмеравају поглед углавном дуж праве линије и контраста – воле декорисане и угаоне предмете – а њихове очи круже по спољним линијама показаног објекта, очигледно разликујући објекте од њиховог окружења. Фасцинирани су, такође, кретањем и, пратећи кретање објекта гледају око себе, врло брзо постају способни да предвиде где ће се неки објекат у кретању наћи, чак иако је део његове путање скривен. На пример, ако се неки котрљајући објекат креће иза заклона, они гледају у тачку у којој би требало да се поново појави. Истраживачи су, употребом овог метода, извели закључак да бебе у првој години живота разумеју да неживи објекти не могу да се покрену сами од себе, док живи могу.

За разумевање света који нас окружује посебно су важне две идеје: перманентност објеката и каузалност. Идеја да је нестало објекат који још увек негде постоји захтева времена да би била развијена. Ако се објекат не појављује иза заклона, врло мале бебе показују збуњеност, али изгледа да не сматрају да је још увек иза. Посматрајући како некој последици увек претходи неки узрок – долазе до закључка да постоји каузалност. Бебе веома брзо уочавају да могу нешто да изазову и са првим рођенданом изгледа да разликују психолошку каузалност (на пример, добијање одговора од родитеља кроз осмех или повишени тон) и физичку каузалност (пуштена ствар пада наниже). Заиста, као што је и поменуто у поглављу 2, мала деца реагују на догађаје и феномене на такав начин да праве разлику између домена, кретања, живих ствари, различитих супстанци.

Постоји велики број истраживања о идејама деце која показују да у тренутку уласка у школу већ имају формиране идеје о многим аспектима света, укључујући и свет науке. Пошто су те идеје деца сама формирала и за њих оне имају одговарајуће значење, није нимало лако заменити их неким другим идејама. Пре свега је то тешко урадити са *научним* идејама, које су често супротне интуицији (као што је идеја да ће објекти у покрету наставити да се крећу све док на њих не делује нека сила и заустави их, пре него што ће се зауставити сами од себе). Дечје идеје морају бити узете као полазна тачка напретка ка више научним идејама, које фитују њихов проширени домен искуства.

Модели напредовања

Помоћ деци у реализацији ове промене зависи од тога како је виђен процес развоја идеја. Размотримо, на пример, три различита виђења овог процеса:

- Један од начина је идентификовање напретка слично *процесу пењања уз мердевине*. Сваки корак мора да буде комплетиран пре него што следећи корак буде предузет. Ово је нека врста атрактивне аналогије, која се понекад користи као основа за креирање скупа пажљиво подељених активности учења које следе једна другу у непромењивим секвенцама. Постоји претпоставка да логичка детерминисаност секвенци корака одговара начину на који деца дају смисао искуству. Предложени *модел мердевина* (на пример, the American Association for the Advancement of Science – AAAS, Atlas of Science Literacy Volume 1 and 2 – атлас научног описмењавања) узима у обзир оно што је познато о начину на који деца уче, али се претпоставља да се то односи на исти начин на све ученике, односно да ће се сви ученици осећати задовољно у пењању истим мердевинама. Такође, као што смо предложили у дискусији о Принципу 5, разлози за пењање сваком пречагом можда неће бити очигледни свим ученицима, поготову не онима који нису у стању да нешто разумеју и схвате све док не стигну на врх мердевина.
- Алтернативни поглед је да се напредак разматра радије по ширини него по вертикали, са већим идејама које се постепено шире, обухватајући оне мање, што се не мора неопходно остварити напредовањем корак по корак. Део процеса може бити замишљен као комплетирање *пузли*. Иако делови могу бити склопљени у било ком кораку, погодно је на самом старту повезати неколико делова заједно, што ће омогућити да се лакше препозна део неке целине. Формирани део омогућује да се лакше уочи која следећа пузла најбоље одговара да би се проширио склопљени део целине. Међутим, не раде сви на тај начин. На пример, неки играчи више воле да поређају пузле тако да формирају неку врсту оквира и да затим крену даље. Ова аналогија указује на чињеницу да је много лакше решити проблем (а тиме и учити) када постоји нека слика комплетираних пузли (велика идеја) која се сматра водичем, у поређењу са нечим непознатим што делови могу да формирају када се поставе заједно. Аналогија, ипак, постаје неадекватна када се узме у обзир да се деца стално суочавају са новим искуством, како у формалном образовању тако и у свакодневном животу, које уграђују у све већу слику, а која одговара опису начина рада одговарајућих ствари. Другим речима, број пузли се временом мења. Међутим, процес налажења и повезивања пузли у једну целину остаје и даље релевантан, без обзира на промењиви број пузли.
- Други предложени модел је *модел шрениња*, у коме се учење остварује као код *шрениња за марафон*. Капацитет за *шркача на дује стазе* се остварује постепено, прво трчањем кратких дистанци, а затим све дужих и дужих. *Сирални курикулум* је врло сличан овом моделу, јер се код њега идеје из неке области поновно разматрају у интервалима, с надом да сваког тренутка постају све моћније. У идеалном случају он омогућује доношење одлуке колико далеко ће се ићи у свакој сесији тренинга (тема је у вези са идејом која се развија) у зависности од тога докле се претходно стигло. Међутим, у пракси је сваки наредни корак предетерминисан, тако да овај модел пати од истих недостака као *модел мердевина*.

Нешто од сваког од ових модела је вероватно потребно, јер начини на које деца саопштавају своје идеје и крећу се од мањих ка већим варирају у зависности од природе идеје и искуства које до ње води. На пример, у неким случајевима деца имају различите идеје о истом феномену који срећу у различитим контекстима, па им је потребна помоћ у повезивању и уочавању једне научне идеје примењене на оба случаја (пузле). Често су њихове идеје засноване на ограниченом искуству, тако да оно мора бити проширено да би се дошло до идеје са широм применом (тренинг). Дечје резонување је, опет, очигледно ограничено јер они придају важност само евиденцији која потврђује њихове идеје или се сећају неке идеје, упркос супротној евиденцији, због недостатка алтернатива које имају смисла, а које је неопходно увести (мердевине).

Ученици полазе од идеја које већ имају када покушају да дају смисао новом искуству, било да је оно у или *ван* одељења. Исто тако раде и научници када покушавају да објасне нове феномене и приближе их другима. Идеје *расиу* повезивањем са новим искуством и тестирањем да би се видело да ли помажу да се том новом искуству да смисао. Ако потенцијално употребљива идеја води до предвиђања која фитују евиденцију из новог искуства, онда та идеја постаје нешто мало *већа* зато што објашњава шири опсег феномена. Чак и када то не функционише – и покуша се са алтернативном идејом – експеримент је помогао да се идеја побољша. Кроз ове процесе се не мења само број идеја и догађаја који се могу разумети, него долази и до квалитативне промене идеја. Широко примењиве научне идеје су независне од контекста. На пример, идеја о томе шта условљава да ствари пливају употребљена је за све објекте и све флуиде. Прелазак од идеје о томе зашто неки објекат плива у води на већу идеју о пливању уопште представља велики корак, који укључује увођење модела који би требало да обухвати оно што се дешава у врло различитим ситуацијама.

Напредак од једноставних идеја о неком специјалном догађају или искуству на оне са знатно већом моћи објашњења у ширем опсегу искуства има јасне импликације за педагогију. На ове импликације ћемо се вратити у поглављу 4, заустављајући се на овом месту само на напомену да не претпостављамо да ученици долазе до идеја индивидуално и независно, већ радије кроз *инквајери* процес и интеракцију са другима.

Напредак ка већим идејама у науци

За сваку од великих идеја, у најкраћем приказаних у овом поглављу, настојимо сада да наведемо малу, полазну идеју, коју следи већа, која може бити развијена са циљем да обухвати шири домен искуства, усмеравајући нас ка још широј, знатно апстрактнијој идеји која омогућује разумевање објекта, феномена и веза у природи. Покушавамо и да дамо исту врсту описа о начину на који је разумевање остварено, односно да прикажемо како се остварује идеја о науци.

На нивоу уопштавања, на коме смо и изабрали идентификоване велике идеје, следећи дискусију на страни 21, неке мале идеје неизбежно доприносе великим идејама. На пример, идеје о гравитацији су потребне при формирању већих идеја о силама које делују на растојању, као и о ефекту сила и соларног система. Сматра се да је, слично томе, утицај људске

Ученици полазе од идеја које већ имају када покушају да дају смисао новом искуству, било да је оно у или ван одељења.

Исто тако раде и научници када покушавају да објасне нове феномене и омогуће њихово разумевање

активности на организме и животно окужење на неки начин и део приче о конкуренцији између врста, диверзитета организама и научних примена.

При обради неке теме увек почињемо са малом и контекстуализованом идејом коју ће деца у основној школи бити способна да схвате кроз одговарајуће активности и одговарајућу подршку. Затим следе идеје које ђаци у вишим разредима основне школе могу да развију јер им повећани капацитет апстрактног мишљења омогућује да уоче везу између догађаја и опажања (на пример, неке промене могу бити објашњене трансфером енергије или, пак, особине материјала могу бити објашњене прихватањем идеје да је материја сачињена од честица). Како се истраживање природе проширује у средњој школи, наставља се са креацијом модела и веза међу њима, па се ђацима омогућује да разумеју релације и моделе који могу бити употребљени да би се дао смисао широком домену нових и ранијих искустава.

При опису овог напретка нисмо покушали да поставимо границе између оног што би требало да буде научено између 1–3, 4–6, итд. године школовања. Нисмо чак ни убеђени да је могуће или да има неке користи од идентификовања дефинисаних граница које указују на неке диверзитете дуж путање когнитивног развоја појединог детета. Оно што сматрамо битнијим је општи правац напретка ка употребивим оквирним објашњењима. Колико далеко ће дете моћи да се помери у том правцу у сваком тренутку зависи од броја контекстуалних променљивих, али и од употребљене педагогије, о чему ће бити дискутовано у следећем поглављу.

1 Сви материјали у универзуму су сачињени од врло малих честица

Све *ствари* које срећемо у свакодневном животу, укључујући ваздух, воду и различите врсте чврстих супстанци, назване су материјали зато што имају масу и заузимају простор. Различити материјали су препознатљиви по својим особинама, па су неке од њих употребљене за класификацију, попут чврстих, течних и гасовитих.

Када се неки материјали комбинују, настају нови, са особинама потпуно различитим од оних из којих су настали. Други се, пак, могу мешати без перманентних промена, па се могу поново раздвојити. Материјали могу, такође, бити измењени загревањем или хлађењем. Количина материјала се не мења када се чврсти топе или течни испаравају.

Ако би се материјал могао делити, требало би да смо у стању да уочимо да је састављен из делова, честица, мањих и од оних које не могу бити виђене чак ни помоћу микроскопа. Ове честице нису у материјалу, него су материјал. Све честице одговарајућег материјала су исте и различите од оних у неком другом материјалу. Честице нису статичне него се хаотично крећу у свим правцима. Брзина којом се крећу се одређује на основу температуре материјала. Честице могу једна другу да привлаче или одбијају. Разлика између чврстог, течног и гасовитог може бити објашњена посредством кретања честица и јачином раздвајања и привлачења између суседних честица. Што је јача сила привлачења између честица, то је потребно утрошити више енергије да се оне раздвоје. На пример, при преласку из чврстог у течни облик потребно је утрошити више енергије него код преласка из течног у гасовити. То је управо и разлог зашто материјали имају различите тачке топљења и кључања.

Најмањи делић материјала се назива атом. Сви материјали, било где у универзуму, живи или неживи, сачињени су од врло великог броја ових основних *прадивних блокова*, којих има око 100 различитих врста. Супстанце сачињене од само једне врсте атома се зову елементи. Атоми различитих елемената могу да се комбинују, дајући врло велики број једињења. Хемијским реакцијама долази до реаранжирања атома реагујућих супстанци и настају нове, док истовремено укупна сума материје остаје иста. Особине различитих материјала могу бити објашњене на основу понашања атома и група атома од којих су они сачињени.

Сами атоми имају интерну структуру и сачињени су од језгара, које чине протони и неутрони, око којих круже електрони. Електрони и протони поседују наелектрисање које је код електрона негативно, а код протона позитивно. Атоми су неутрални јер имају исту количину позитивног и негативног наелектрисања. Електрони се у материји крећу врло брзо, формирајући електричну струју и проузрокујући појаву магнетне силе. Ефекат свега овога се огледа у првличној сили која одржава атоме и молекуле заједно у једињењу. Када се дода или избаци неки електрон, онда атом остаје с вишком позитивног или негативног наелектрисања, а то је познато као јон.

Језгра неких атома су нестабилна и могу да емитују честицу, што је познато као процес радиоактивности. Ови процеси укључују ослобађање радијације и количине енергије која је знатно већа од оне која се појављује при реакцији између атома.

2 Објекти могу да делују на друге објекте на одстојању

Објекти могу да делују на друге објекте чак и када нису у контакту с њима. На пример, светлост се види са извора који су нам близу, попут сијалице или ватре, али и са оних на великим растојањима, попут Сунца и звезда. То се објашњава чињеницом да ови објекти емитују светлост, која путује од њих у разним правцима, а може бити детектована када досегне наше очи. Ствари се виде било да емитују или рефлектују светлост коју наше очи детектују. Звук долази од разних предмета који вибрирају, а може бити детектован на дистанци од извора зато што ваздух или други материјали око њега почињу да вибрирају. Звучи се чују када вибрације у ваздуху досегну до наших ушију.

Други примери објеката који делују на друге објекте без додиривања јесте гравитациона сила, која проузрокује падање тела на Земљу, силе између магнета или електричних наелектрисања. Када ствари које нису подупрте падају наниже, бивају привучене привлачном силом, која иначе држи сва тела на Земљи. Магнети могу да повлаче ствари од гвозђа и да привлаче или одбијају друге магнете без додира. Постоји, такође, привлачење или одбијање између наелектрисаних објеката.

Видљива светлост је пример радијације која се простире на начин сличан простирању таласа на површни воде. Друге врсте светлости, попут радио-таласа, микроталаса, инфрацрвених, ултравиолетних, X зрака и гама зрачења, нису видљиве за човечје око, а разликују се једне од других према таласној дужини. Све оне могу да се простиру кроз празан простор. Замишљање радијације као таласа помаже нам да објаснимо како се она понаша. Иако се звук простире као талас, не може да се креће кроз празан простор јер му је потребан неки континуални материјал, између извора и пријемника, кроз који ће се протирати вибрације.

Ударом радијације у неки објекат може да дође до њене рефлексије, апсорпције или расејања, пролаза кроз њега или комбинације поменутих догађаја. Радијација остаје иста када се рефлектује огледалом или пролази кроз транспарентни материјал, али се при апсорпцији у неком објекту мења и обично проузрокује повишење његове температуре.

Неки случајеви акције на даљину нису објашњени посредством радијације од извора до пријемника. Магнет, на пример, може да привуче или одбије други магнет и при томе оба имају исту улогу. Слично је и привлачење или одбијање између електричних наелектрисања реципрочном. Привлачење наниже, које проузрокује падање неког пуштеног тела, такође је резултат привлачне силе на растојању која делује између тог објекта и Земље. Гравитациона сила, која постоји између свих објеката, зависи од њихове масе и међусобног растојања. Она се осећа једино када један или више објеката имају врло велику масу, као што је случај са привлачењем објеката према Земљи. За презентацију оваквих ситуација употребљива је и идеја поља. Поље представља област у којој се осећа деловање неког објекта, а његова јачина опада са растојањем од тог објекта. Други објекат, улазећи у то поље, бива привучен или одбијен.

3 Промена кретања неког тела захтева дејство неке резултујуће силе на њега

Сила може неки објекат да гурне, повуче или заврти и тиме му промени облик или кретање. Ствари мењају кретање само ако на њих делује нека резултујућа сила.

Колико брзо ће се мењати кретање неког објекта зависи од силе која делује на њега и његове масе. Што је маса неког објекта већа, он ће се дуже кретати постојећом брзином пре него што се успори или убрза. Ова особина се описује као инерција тела.

Гравитација је универзална привлачна сила између свих објеката, ма како малих или великих, што проузрокује да све што је на Земљи бива привучено наниже према њеном центру. Ова привлачна сила се назива још и тежином објекта. Објекат привлачи Земљу истом силом као и Земља њега, међутим, пошто је маса Земље знатно већа, опажамо резултујуће кретање објекта, али не и Земље. Привлачна сила гравитације на неки објекат који се налази на Месецу је знатно мања него она на Земљи зато што Месец има знатно мању масу од Земље. Зато ће нечија тежина бити знатно мања на Месецу него на Земљи, иако му је маса иста. Привлачно дејство Земље на Месец одржава његово кретање око Земље, док привлачно дејство Месеца на Земљу проузрокује плиму и осеку.

Објекат остаје у мировању на површини Земље јер на њега делује једна или више сила које су уравнотежене силом гравитације. Књига која лежи на столу не пада зато што атоми стола делују навише на њу силом која је једнака сили гравитације која делује наниже.

Када су силе које делују на неки објекат неједнаке и супротног су смера, њихов резултујући ефекат ће бити промена кретања објекта тако што ће он бити убрзан или успорен. Обрнуто, кретање неког објекта остаје непромењено док на њега не делује нека резултујућа сила. Често се не препознаје сила која делује на неки објекат у покрету, на пример при котрљању лопте, па се претпоставља да се он зауставља аутоматски, сам од себе. У ствари, његово кретање се постепено успорава услед дејства силе трења. У свим случајевима се промена кретања тела остварује дејством неке резултујуће силе. Промена кретања неког објекта се не дешава ако не делује нека резултујућа сила на њега, тј. тело остаје стационарно или, ако је у кретању, наставља да се стално креће по правој линији, слично кретању звезда на небу. Промена кретања се остварује у правцу дејства резултујуће силе, на пример, нема кретања под правим углом у односу на дејство силе. Сателити остају у орбити око Земље зато што су лансирани са довољном силом да достигну висину на којој је њихово кретање по закривљеној орбити око Земље последица гравитационе силе која константно мења правац кретања, а истовремено не постоји отпор ваздуха који би их успоравао.

Када на неки чврст објекат делују силе супротног смера, али не и дуж истог правца, онда је последица њиховог дејства скретање или обртно кретање тела. Ефекат ротационе силе зависи од растојања од осе око које се остварује ротација тела. Ово има врло велику примену код оруђа и машина.

Притисак је мера суме сила које делују на одговарајућу површину. Сила која делује на већу површину проузрокује мањи притисак него када делује на мању површину, што је у вези са великим бројем примена, од скијашких ципела до ексера.

4 Укупна енергија универзума је увек стална, али може да се трансформише при промени ствари или, пак, омогућује да се те промене и десе

Постоје различити начини помоћу којих долази до појаве неких ствари или њихове промене. Ствари могу да промене кретање гурањем или повлачењем. Загревањем такође долази до њихове промене, на пример при кувању, топљењу чврсте супстанце или претварању воде у пару. Електрицитет може проузроковати да сијалица засветли.

У свим овим случајевима долази до промене ствари коју изазива енергија која се у тим процесима мења трансформацијом из једног облика у други. Објекат који предаје енергију нечем другом назван је извор енергије, ипак, он не креира енергију него је мора створити из себе или добити од неког другог.

Објекти поседују енергију било због свог хемијског састава (као у случају горива и батерије), њиховог кретања, температуре, позиције у гравитационом и другим пољима или због компресије или увртања еластичног материјала. Енергија може да буде депонована у неком објекту при његовом подизању на одређену висину изнад тла тако да, када се оно пусти да слободно пада, та депонована енергија може да буде узрок неких промена. Неки објекат има већу енергију када је загрејан него када је хладан. Топлота прелази са тела више температуре на тело ниже температуре све док им се температуре не изједначе. Којом брзином ће се овај процес одвијати зависи од врсте материјала кроз који се топлота простира. Хемикалије у ћелијама батерије депонују енергију која се ослобађа када је батерија повезана тако да долази до протицања електричне струје, односно преношења енергије. Енергија може бити пренета радијацијом, попут звука у ваздуху или светлости у ваздуху или вакууму.

Многи процеси и феномени, од раста биљака до времена, објашњени су преко размене енергије. Пренос енергије који проузрокује дешавање неких ствари скоро увек је резултат нежељене термалне енергије произведене и емитоване процесима провођења или радијације. Термална енергија представља хаотично кретање атома и молекула, а енергија у таквом облику уопште није лака за употребу.

Енергија не може бити створена нити уништена. Када се енергија преда од једног објекта другом, онда укупна енергија у универзуму остаје иста, јер је сума коју је један објекат изгубио једнака оној коју је други објекат примио. Када Сунце загрева Земљу, долази до његовог постепеног губитка енергије процесом радијације. Маса атома је облик депоноване енергије и позната је под називом нуклеарна енергија. Радиоактивни атом може ослободити енергију коју је могуће употребити у облику топлоте.

Увећање популације на планети Земљи и модеран начина живота имају за последицу стално повећање потреба за енергијом, посебно у облику електричне енергије, која је најпогоднија за употребу. Пошто су фосилна горива, која се најчешће користе у електричним централама и генераторима, ограничених ресурса, неопходно је наћи друге начине производње електрицитета, уз истовремено смањење захтева за потрошњом повећањем ефикасности процеса у којима је употребљавамо.

5 Састав Земље и њене атмосфере, као и процеси који се у њима дешавају обликују површину Земље и њену климу

Ваздух постоји свуда око Земљине површине, али га је све мање и мање како се од ње удаљавамо (високо на небу). Време је одређено условима који владају у ваздуху. Температура, притисак, правац и брзина кретања и количина водене паре у ваздуху се међусобно комбинују, креирајући временске прилике. Систематским мерењем ових параметара могуће је направити модел који се користи при вероватном предвиђању временских прилика.

Већи део Земљине површине је покривен тлом, које чини мешавина парчади стена различите величине и остатака организама. Плодно тло садржи такође и ваздух, воду, неке хемикалије настале распадом живих врста, посебно биљака, и различитих живих организама, попут инсеката, црва и глиста, бактерија итд. Стене представљају чврсти материјал који се налази испод тла. Постоји велики број различитих врста стена са различитим саставом и особинама. Деловањем ветра и воде долази до постепеног нагризања и круњења стена у мање комаде – песак је сачињен од таквих врло ситних зрнаца стена, а муљ и блато од још ситнијих.

Слојеви ваздуха на Земљиној површини су транспарентни за већи део радијације која долази са Сунца и она пролази кроз њих. Та радијација, апсорбована на површини Земље, представља спољашњи извор енергије. Радиоактивни материјал унутар Земље је њен унутрашњи извор енергије. Радијација од Сунца снабдева енергијом биљке, које садрже хлорофил што им омогућује прављење глукозе у процесу фотосинтезе. Земљина површина се апсорпцијом радијације која долази са Сунца загрева и затим емитује радијацију веће таласне дужине (инфрацрвени зраци), која не може да прође кроз атмосферу која је апсорбује, одржавајући на тај начин топлоту на Земљи. Овај феномен је познат као ефекат стаклене баште јер је сличан начину на који се унутрашњост стаклене баште загрева сунчевим зрачењем.

Кисеоник у атмосфери, који производе биљке процесом фотосинтезе, на индиректан начин штити Земљу од кратких таласа (ултравиолетни), који се налазе у сунчевој радијацији, а штетно делују на многе организме. Деловањем ултравиолетног зрачења на кисеоник у горњим слојевима атмосфере долази до стварања озона, па је на тај начин апсорбовано то штетно зрачење. Озон у атмосфери може бити разграђен неким хемикалијама које су производ људских активности на Земљи.

Испод чврсте коре Земље се налази топао слој, који се назива омотач. Омотач је чврст када се налази под притиском, а постаје течан (назива се још и магма) када се тај притисак смањи. На неким местима на кори Земље се појављују пукотине које омогућују магми да изађе на површину, на пример у случају вулканских ерупција. Кору Земље чине бројне чврсте плоче које се релативно крећу једна у односу на другу, ношене дуж кретања омотача. При судару ових тектонских плоча долази до формирања планинских ланаца, а дуж граница судара тектонских плоча се формирају напрстине на којима се дешавају земљотреси, а могуће су и вулканске активности. Земљина површина се врло споро мења током времена, ерозијом планина услед временског утицаја, као и стварањем нових када дође до подизања коре навише.

6 Наш соларни систем је врло мали део једне од милиона галаксија у универзуму

Наше Сунце је једна од многих звезда које чине универзум. Земља се креће око Сунца правећи једну орбиту за годину дана. Месец се обрће око Земље комплетирајући орбиту за четири недеље. Сунце, које се налази у центру соларног система, једини је његов објекат који је извор видљиве светлости. Месец рефлектује светлост коју прима од Сунца, а пошто се креће око Земље види се само она његова страна која је осветљена сунчевом светлошћу, чиме се објашњавају и његове мене које се појављују у различито време. Земља ротира око осе која има правац север-југ, па, услед тог њеног кретања, изгледа да се Сунце, Месец и звезде крећу око Земље. Последица ове ротације је појава дана и ноћи, у зависности од тога који део Земљине површине је окренут ближе или даље од Сунца.

Земљи је потребно годину дана да комплетира орбиту око Сунца. Земљина оса има релативни нагиб према равни њене орбите око Сунца, тако да се дужина дана мења са позицијом на Земљиној површини и са годишњим добом. Нагиб Земљине осе проузрокује појаву годишњих доба.

Земља је једна од осам (до сада познатих) планета нашег соларног система које се, заједно са многим другим мањим објектима, обрћу око Сунца, по приближно циркуларним путањама, на различитим растојањима од Сунца и потребно им је различито време да комплетирају орбиту око њега. Растојања између ових небеских тела су огромна. На пример, Нептун је удаљен 4,5 милијарде километара од Сунца, односно 30 пута је даљи него што је Земља. Посматрано са Земље, друге планете се крећу у односу на позицију звезда.

Понекад се велики комади чврстог материјала који се крећу око Сунца приближе толико Земљи да бивају привучени њеном гравитацијом па настављају да се убрзано крећу кроз њену атмосферу, у којој, услед трења између њихове површине и ваздуха, долази до загревања и усијања, па се виде као *звезде ѓагалице*. Иначе, кретање објеката унутар соларног система је углавном регуларно и предвидиво. Исти научни закони или уопштавање начина понашања ствари, примењени на Земљу, такође су примењиви на цео универзум. Постоје евиденције, на основу систематских свемирских истраживања, да се промене дешавају на површинама планета пошто су се оне формирале.

Прва најближа звезда се налази на знатно већем растојању од наше најудаљеније планете, тј. Нептуна. Наше Сунце је једна од милион звезда које заједно чине нашу галаксију, познату под именом Млечни пут. У универзуму постоје милиони галаксија, незамисливо великог међусобног растојања, које се све веома брзо крећу, удаљавајући се једна од друге. Такво кретање галаксија наговештава да се универзум стално шири, од стања у давној прошлости познатог као *Велики ѓрасак* ка будућности која је још увек непозната.

7 Организми су организовани на ћелијској основи

Живи објекти (организми) се разликују од неживих објеката способношћу кретања, репродукције и реаговања на надражај. Њихов опстанак у животу је могућ ако имају воду, ваздух, храну, одговарајући начин за ослобађање измета и окружење које остаје у неком специјалном опсегу температуре. Сви живи организми су сачињени од једне или више ћелија, које могу бити виђене помоћу микроскопа.

Све основне функције живота су резултат процеса који се дешавају унутар ћелија. Ћелије се током раста и репродукције деле, дајући више ћелија и екстрахујући енергију из хране, у настојању да одрже своје функције. Неке ћелије у мултићелијском организму не само што обављају функције као и све остале већ и неке специјалне. На пример, ћелије мишића, крви и нерава обављају у организму и специфичне функције. Ћелије се често групишу у ткива, ткива у органе, а органи у органске системе. Системи, у човечјем телу, обављају кључне функције дисања, варења, елиминације отпада и контроле температуре. Циркулаторни систем преузима и разноси у сваки део тела материјал потребан ћелијама и предаје растворљиви отпад уринарном систему.

Унутар ћелија се налази велики број молекула различите врсте који интерреагују и обављају функције ћелије. Међусобна комуникација ћелија и координација активности, у мултићелијским организмима, остварује се преносом супстанце најближим ћелијама. Ћелијска мембрана има значајну улогу у регулисању оног што у ћелију улази и из ње излази. Активност унутар различитих типова ћелија је регулисана ензимима. Хормони, ослобођени у специјалним ткивима и органима, регулишу активности у другим органима и ткивима и утичу на целокупно функционисање организма. Код људи се већина хормона транспортује крвљу. Болест је често резултат лошег функционисања ћелија. Лекови делују тако што убрзавају или успоравају регулаторне механизме ензима или хормона. Мозак и кичмена мождина такође доприносе регулисању активности ћелија слањем порука, дуж нервних ћелија, у форми електричног сигнала који се брзо креће између ћелија.

Ћелије функционишу најбоље у одређеним условима, посебно када је у питању температура и киселост. Једноћелијски и вишећелијски организми поседују механизме који одржавају температуру и киселост у одговарајућим границама које омогућују њихово преживљавање.

8 Организмима је потребна енергија и материјал од којих су зависни и око којих се боре са другим организмима

Енергија је потребна свим живим бићима, како за храну тако и за ваздух, воду и неке температурне услове. Биљке које имају холорофил употребљавају сунчеву светлост за прављење потребне хране и депоновање оне хране коју одмах не користе. Животињама је потребна храна коју директно варе, а до које долазе било директно једући биљке (биљоједи) или једући животиње (месоједи) које су се храниле биљкама или другим животињама. Преживљавање животиња је суштински зависно од биљака. Везе између организама могу бити представљене као ланац и мрежа исхране.

Неке животиње су зависне од биљака не само због хране него и других потреба, на пример за прављења склоништа, а у случају људских бића зависност се огледа кроз потребу за одећом и горивом. Биљке такође зависе, на разне начине, од животиња. На пример, цветање биљака може бити зависно од инсеката код процеса опрашивања, а од других животиња код разношења њиховог семена.

Међузависни организми који живе заједно у специјалним животним условима формирају неки екосистем. У неком стабилном екосистему постоје произвођачи хране (биљке), потрошачи (животиње) и разграђивачи, попут бактерија и гљива које се хране отпадним производима и мртвим организмима. Разграђивачи производе материјале који помажу раст биљака, тако да се молекули у организмима константно поново употребљавају. Сви ови процеси се дешавају уз размену енергије у неком екосистему. Део хране коју је употребио организам за животне процесе се растура као топлота, али се то у екосистему надокнађује енергијом од Сунца употребљеном за производњу хране за биљке.

У сваком екосистему постоји борба између врста за енергијом и материјалима неопходним за њихов живот. Постојаност неког екосистема зависи од непрекидне расположивости тих материјала у животном окружењу. Биљне врсте се адаптирају на одређену количину воде, светлости, минерала, као и на простор који им је неопходан за раст и репродукцију у одговарајућим локацијама карактеристичне климе, геолошких и хидролошких услова. Ако се ти услови промене, онда и популација биљака може да се промени, што са своје стране има за последицу промену популације животиња.

9 Генетска информација се преноси од једне генерације организама на другу

Живи организми дају потомке исте врсте, али они у већини случајева нису идентични једни са другима или са својим родитељима. Биљке и животиње, укључујући и људи, по многим карактеристикама су слични родитељима зато што се генетска информација преноси од једне генерације на следећу. Друге карактеристике, попут вештина и понашања, не преносе се на исти начин и потребно их је стећи (научити).

Информације које се преносе између генерација су у форми кода, представљеног тако да су делови великог молекула названог ДНК постављени заједно. Ген представља дужину ДНК, а стотине или хиљаде гена се преноси једним хромозомом. Већина ћелија у људском телу садржи 23 пара хромозома са око двадесет и пет хиљада гена. У њима се налазе информације неопходне за раст и репродукцију већине ћелија.

Када се ћелија дели, као у процесу раста и замене мртвих ћелија, генетска информација је копирана тако да свака нова ћелија преноси реплику родитељске ћелије. У овој репликацији се понекад дешава грешка, проузрокована мутацијом, која може, а не мора бити штетна по организам. Промене у генима могу бити проузроковане условима окружења, попут радијације и хемијских производа. Ове промене могу деловати на индивидуу, али се то може рефлектовати на потомство само ако су се десиле у полним (сперма или јајашце) ћелијама.

У полној репродукцији се сједињује ћелија сперме мушке јединке и ћелија из јајашца женске јединке. Ћелије сперме и јајашца су специјализоване ћелије од којих свака има, случајно изабрану, једну од две верзије сваког гена који поседују родитељи. У оплођеном јајашцу се, процесом комбиновања сперме и јајашца, формира генетски материјал који чини половина из ћелије сперме и половина из ћелије јајашца. Како се оплођено јајашце поново и поново дели, овај генетски материјал се копира (преписује) у свакој новој ћелији. Комбинација и рекомбинација генетског материјала формираног у процесу спајања ћелија јајашца и сперме, а затим и њихово фузионисање доводи до мноштва разноврсних могућих комбинација гена и разлика које могу бити наследне од једне генерације на другу. Овим се омогућује потенцијална селекција, као резултат неких промена које омогућују организмима да се боље адаптирају на неке услове из животног окружења.

Бесполна репродукција, која се сасвим природно одвија код великог броја организама, укључујући и неке бактерије, инсекте и биљке, доводи до популација са идентичним генетским материјалом. Биотехнологија је створила могућности за стварање генетски идентичних организама, процесом клонирања, код низа врста, укључујући и сисаре.

Много тога се о генетским информацијама, током времена, сазнало мапирањем генома код различитих врста организама. Када су познате секвенце гена, онда генетски материјал може вештачким путем бити промењен, дајући организмима неке нове карактеристике. Специјалне технике генске терапије су употребљене за уношење гена у хумане ћелије, што ће вероватно у будућности омогућити и лечење појединих болести.

10 Диверзитет организама, живих и несталих, јесте резултат еволуције

Данас у свету постоји много различитих врста биљака и животиња, али и много оних које су некад постојале, а затим нестале. Све ово сазнајемо уз помоћ фосила. Животиње и биљке су класификоване у групе и подгрупе према сличностима. На пример, унутар групе животиња познатих као птице постоје фамилије птица, попут сеница, и, унутар фамилије, различите врсте, попут плавих сеница, великих сеница и дугорепих сеница. Организми истих врста се углавном размножавају у оквиру те врсте. Различите врсте обично не учествују у међусобном размножавању.

Иако су организми исте врсте врло слични, ипак постоје мале разлике од једног до другог. Живи организми су нађени у неким окружењима зато што поседују особине које им омогућају да ту преживе. Адаптација на окружење је остварена због настајања малих разлика које се дешавају током репродукције, па тако појединим бићима боље одговара окружење него другим. Она која су боље адаптирана, у борби за материјал и енергију, преживеће и пренети своје адаптиране особине на потомке. Оне којима слабије одговара неко окружење могу да изумру пре репродукције, тако да ће генерације које настају садржавати више боље адаптираних индивидуа. Ово се једино дешава ако су промене настале као резултат мутација (промена) код репродуктивних ћелија. Промене у другим ћелијама се не преносе.

Природна селекција организама са извесним карактеристикама које им омогућавају да преживе у одговарајућим окружењима се одвија још од настанка првог облика живота, који се на Земљи појавио пре око 3.5 милијарде година. Једноставни једноћелијски организми су се појавили у раном периоду историје живота. Неки од њих су, пре око две милијарде година, еволуирали у организме који су омогућили развој данашњих великих животиња, биљака и гљива. Други облици су остали једноћелијски.

Када се десе климатске, геолошке или популационе промене, онда и корист од неких специфичних наслеђених карактеристика може бити увећана или смањена. Људске активности могу имати далекосежне последице на животно окружење, што се већ огледа у променама које су штетне по многе организме. Садашњи нестанак организама као последица људских активности се у грубој процени изражава као стотину пута већи него да тих активности није било. Одржавање диверзитета и унутар врста је веома значајно. Редукција диверзитета код живих бића може проузроковати значајну деградацију екосистема и губитак способности да се одговори на промене у животном окружењу.

11 Наука полази од тога да за сваку последицу постоји један или више узрока

Наука налази објашњења зашто се ствари дешавају баш тако како су се десиле или зашто имају баш такву специјалну форму, претпостављајући, при том, да сваку последицу изазива један или више узрока, па зато и постоји разлог да ствари узму облик какав су узеле. Објашњење није нека врста несигурне процене или нагађања, јер да оно буде баш такво, увек постоји неки разлог. Зашто ствари управо тако раде или зашто су се десиле објашњава се узроком до кога се долази на различите начине. Пажљивим посматрањем, укључујући и мерења где је то могуће, може се претпоставити шта би могло да се деси. У другим случајевима је могуће урадити нешто што би изазвало промене. Када се то уради, веома је важно, ако је могуће, видети да друге ствари остају исте, тако да се резултат може приписати последици која потиче од промене само једне ствари.

Свака тврдња о ономе што се објашњава у вези неког специјалног догађаја или услова би требало да буде заснована на евиденцији која је подржава. Пажљиво и систематско посматрање и одговарајуће објашњење оног што је опажено је фундаментално у научном истраживању. Веома је важно узети у обзир да понекад оно што људи очекују да се деси утиче на оно што ће опазити, зато је правило добре праксе да посматрање обавља неколико људи независно.

Може постојати више различитих идеја о начину неког објашњења, управо из тих разлога је и неопходо да се евиденцијом закључи која идеја реално и функционише. Могућа објашњења (хипотезе) указују на фактор или факторе који омогућују објашњење разматраног феномена. Приликом тестирања се употребљавају хипотезе да би се предвидело шта ће се десити када се ти фактори промене, а затим се посматра да би се видело да ли евиденција оног што се дешава фитује предвиђање. Ако је добијени резултат у сагласности са предвиђањем и ниједан други фактор не производи исти резултат, онда је тај фактор прихваћен као најбољи за објашњење разматраног феномена. Ипак, постоји и неколико интерреагујућих фактора, па улога сваког од њих може бити неодређена.

У случају да са факторима није могућа експериментална манипулација, као што је пример кретања планета у Соларном систему, онда феномени могу бити истраживани систематским посматрањем у неколико указаних прилика и у неком временском интервалу. Разматрајући одређене податке могуће је открити да између фактора постоји корелација – када се један фактор мења, онда се то дешава и са другим на регуларан начин. Корелација може бити употребљена да се предложи одговарајући модел, који може бити коришћен да се оствари неко предвиђање, чак и када укључује аспекте који не могу бити директно опажени или промењени. Ипак, корелација не може бити уобичајено узета као закључна евиденција да је неки фактор узрок промена. Штавише, налажење да једна ствар узрокује неки ефекат није истовремено и објашњење механизма којим је тај ефекат произашао. Због тога је неопходан модел везе засноване на научном принципу.

Феномени који су се десили у прошлости, попут промене стена и еволуције врста, могу такође бити подложни процесу тестирања хипотеза. У таквим случајевима, најбоље могуће објашњење се добија када су све хипотезе кохерентне и конзистентне са свим познатим чињеницама и научним принципима.

12 Научна објашњења, теорије и модели би требало најбоље да фитују познате чињенице у датом тренутку

Свако може поставити питање о стварима из природе, а затим може наћи и неки одговор који ће помоћи разумевању оног што се десило. Наука то реализује кроз неку врсту систематског *инквизиције*, који укључује сакупљање података посматрањем или мерењем карактеристика разматраних објеката или коришћењем неких других извора. Добро или лоше објашњење може бити добијено у зависности од тога какви су подаци сакупљени, што се обично реализује следећи неку теорију или хипотезу о томе шта се може десити.

Нучници у циљу представљања оног што мисле да би могло да се деси креирају моделе који им помажу у процесу објашњења оног што је опажено и оног што условљава нека дешавања. Понекад су то физички модели, попут соларног модела у коме се различити објекти употребљавају да би се представили Сунце, Месец, Земља и друге планете, или, пак, модел о томе како се замишља распоређеност атома у неком једињењу. Други модели су теоријски, попут представљања светлости као таласног кретања, и најчешће су дати релацијама у виду математичких формула. Неки модели су веома чврсто уграђени у теорије које су се показале као врло успешне јер у досадашњој примени нису имале неких контрадикторности. Други су, пак, провизорни и вероватно ће бити промењени у будућности. Понекад постоји више од једног могућег модела, а евиденција о томе који је најбољи није дефинитивна, док у неким случајевима још увек немамо задовољавајући модел.

Креирање модела било које врсте захтева како способност имагинације о томе како је могуће повезати ствари једне са другима, тако и употребу оног што је већ познато. Они нуде начин објашњења феномена посредством веза између делова система. Резоновање засновано на моделу значи да се иде даље од оног што је могуће директно опазити, иако се још увек одржава веза са евиденцијом поређењем оног што се може опазити и предвиђањима тог модела.

Теорије и модели се тестирају тако што се употребљавају њихове предикције у вези са ефектима извесних промена, а затим закључује да ли су те предикције потврђене сакупљеним новим подацима. Сакупљене податке је потребно интерпретирати покушавајући да се објасни оно што је пронађено. Објашњења нису резултат само евиденције података него се креирају у процесу који врло често укључује интуицију, имагинацију и познате хипотезе.

Ако нови подаци не фитују употребљене идеје, онда се оне мењају. Ипак, веће поверење се придаје теорији и моделу који воде до предвиђања која су у сагласности са оним што се опажа. Поједина објашњења или теорије се никада не могу сматрати доказаним зато што увек постоји могућност конфликта са неким будућим податком. Неке употребљене идеје за објашњење ствари око нас могу бити различите од оних прихваћених у прошлости, али и од нових у будућности.

13 Научна знања су употребљена у технологијама чији производи могу да служе за добробит човечанства

Технологије помажу да се људи снабдевају стварима које су им потребне или могу бити употребљене, понеке и за одржавање живота, попут хране, оруђа, одеће... Производња ових ствари укључује селекцију материјала који имају најбоље особине за одговарајућу употребу. Материјали који потичу од биљака и животиња или са Земљине површине су у употреби већ хиљадама година, док су се они произведени, попут пластике, појавили тек почетком двадесетог века. Ти вештачки материјали могу бити направљени тако да имају особине неопходне за квалитетне нове производе.

Примена науке у производњи нових материјала је пример како научна знања помажу напредак технологије. Њена примена у прављењу нових оруђа и машина је омогућила масовну производњу, тако да су ти производи постали доступни ширем кругу људи, омогућујући им већи комодитет. Технолошки напредак, истовремено, помаже научни развој производњом све савршенијих мерних инструмената за посматрања и мерења, аутоматизацију процеса који су и иначе опасни или временски захтевни, што се најбоље илуструје кроз употребу компјутера. Тиме употреба технологије помаже напредак науке, која са своје стране може бити употребљена у дизајнирању и производњи ствари за људску употребу. У неким случајевима технолошки производи могу претходити научним идејама, док у другим претходи научно разумевање.

Неки технолошки производи могу имати колико предности толико и недостатака. Употреба неких вештачких материјала има за последицу мању потражњу за природним, а ређим. Али, многи нови материјали се слабије разлажу од природних. Зато се сврставају у материјале који су после употребе проблематична врста отпада. Такође, за производњу неких технолошких уређаја, попут мобилних телефона и компјутера, користе се метали из земље, којих има у врло малим количинама и убрзо би могли бити исцрпљени. Ови проблеми са своје стране указују на неке шире проблеме, попут неопходности рециклирања материјала да би се сачували њихови извори, али и редуковало загађење окружења. Када постоје непожељни ефекти на животно окружење и животе људи, неопходно је да научници и технолози сарађују у циљу разумевања проблема и налажења решења.

14 Примена науке има врло често етичке, друштвене, економске и политичке импликације

Разумевање развијено посредством науке омогућује нам да објаснимо како неке ствари у свету природе функционишу. То разумевање може често бити примењено на промене или прављење ствари које решавају хуманитарне проблеме. Таква технолошка решења су побољшала животне услове и здравље многих људи у земљама широм света последње две деценије. Чиста вода, адекватна храна и побољшана медицинска услуга су утицале на продужење просечног животног века. Истовремено је енормно повећање популације проузроковало веће захтеве у погледу ресурса и простора на Земљиној површини неопходног за повећану производњу хране, градњу станова и одлагање отпада. Ово је често проузроковало несагледиве штетне последице у земљама у развоју, које се огледају у деструкцији станишта других живих бића, проузрокујући чак и нестанак неких од њих.

Бројни су примери који указују на нежељене последице технолошког напретка. Бројна уживања и брзи транспорт, посебно онај ваздушни, остварују се сагоревањем горива које ослобађа угљендиоксид, један од неколико гасова у атмосфери који, услед ефекта стаклене баште, одржавају топлоту на планети Земљи. Чак и мало повећање концентрације ових гасова у атмосфери повећава температуру на Земљи, а и свако мало повишење температуре на Земљи може изазвати низ непожељних ефеката кроз промене на поларним капама, нивоу мора и промене климе. У свим овим случајевима, посебно када су штетни ефекти познати, потребно је пажљиво размотрити равнотежу између добробити и штетности неке научне примене.

Наука може помоћи у разумевању импликација извесних примена, али одлука о томе како се према њима поставити захтева етичка и морална разматрања која наука не може понудити. Проблем недостатка ресурса се такође мора разматрати. Све иновације користе ресурсе неке врсте, укључујући и оне финансијске, тако да одлука може бити донета када постоје компетентни захтеви. Ове одлуке, било на владином, локалном или индивидуалном нивоу, требало би да буду засноване на разумевању укључених научних концепата и технолошких принципа.

Четврто поглавље

Рад уз велике идеје

У овом поглављу ћемо разматрати како би учење требало да буде вођено ка развоју великих идеја, али на начин који је конзистентан са принципима који суштински подупиру научно образовање. Потпуни одговор на ово питање би требало да се заснива на разматрању курикулума, педагогије, знања и улоге наставника, улоге ђака и улоге неопходних ресурса за учење (укључујући материјал, природне феномене и људе). Пошто ће педагогија бити у нашем фокусу, остали фактори ће се разматрати само сажето.

Улога писаног курикулума је да постави циљеве учења и принципе који би требало да воде до њихове имплементације. Тим постављеним циљевима је дата одговарајућа форма, која је у складу са општеприхваћеном тенденцијом о помоћи свим ђацима да развију велике идеје. Идеје би требало да буду изражене тако да буду разумљиве сваком – не само наставницима, истраживачима у образовању и научницима него и родитељима и другима који су у вези с ђачким образовањем. Опис, попут оног у поглављу 3, са можда више детаља и објашњења, нуди употребљив начин комуникације који наглашава да је крајњи циљ разумевање релација, а не низа чињеница или колекције *малих идеја*. Документ курикулума би требало такође да садржи јасно исказан начин напретка ка великим идејама процесом проширења разумевања, које се остварује током рада и континуално. Оваквом тенденцијом би требало да се омогући наставницима, родитељима и другима да упознају, на неки начин, активности ђака у напредовању ка великим идејама и тако јасно истакне сврха тих активности.

Курикулуми засновани на великим идејама могу имати универзалну примењивост, пошто је и наука универзална. Међутим, културне и економске околности ће одређивати како курикулум може бити имплементиран у различитим земљама. Улога курикулума, као што смо поменули у Принципу 5, није приказ *начина* остварења постављених циљева. Њиховом имплементацијом се бави педагогија.

Педагогија

Педагогија се, у најширем смислу, не односи само на акт учења него такође и на теорије, вредности и доказе који га подржавају, као и потребне вештине и креативност, неопходне за активност ефективног учења и ангажовања ђака у њему.

Наши принципи су кључна референтна тачка при доношењу одлука о наведеним аспектима педагогије. Први принцип захтева да општа тенденција код научног образовања буде развој афективног одговора на истраживање природе. Ово је појачано Принципом 7, који не само што не забрањује да учење наука буде *забавно*, стимулишући задивљеност природом, него тврди да ово не би требало да буде једина тенденција ђачких активности. Оне би требало, такође, да унапреде и ђачко разумевање. Ниједна активност не може бити без садржаја, али она може бити без научних садржаја,

Ниједна активност не може бити без садржаја, али она може бити без научних садржаја, чак и у случајевима када су употребљене вештине које се користе у науци

чак и у случајевима када су употребљене вештине које се користе у науци. Уосталом, у Принципу 2 је наглашено да је тенденција да сви ђаци стекну неку општу вештину у раду са стварима из науке имплицитно садржана у термину *научна писменост*. Могућност да се ово и деси је условљена ангажовањем ђака садржајима који воде ка научном разумевању.

Принципи 3 и 8 су посебно разматрали успешно остварење опсега циљева, укључујући како вештине и ставове тако и велике идеје. Важност вештина за развој идеја произлази из раније дискусије (стр. 29) о начину на који ђаци покушавају да дају смисао новом искуству, примењујући и тестирајући постојеће идеје, слично поступку који примењују научници. Употребљивост неке идеје се тестира тако што се наводе њена предвиђања, а затим сакупљају нове евиденције да би се видело да ли су у сагласности са њима. Значење резултата може да се интерпретира тако да се сматра да идеја објашњава нова искуства, па самим тим постаје *већа* зато што обухвата више феномена. Или се, пак, та идеја одбацује јер не фитује нову евиденцију, па се тражи нека алтернатива. Шта ће произаћи као резултат тестирања ипак зависи од начина предвиђања, посматрања, колекције и интерпретације сакупљених података. Другим речима, у ком опсегу је употребљена вештина *научној инквјерији*. Та *инквјери* вештина има кључну улогу у развоју идеја и помоћи ђацима при употреби тих вештина и представља важан циљ научног образовања. Зато педагогија која подржава развој великих идеја мора такође да промовише и развој *инквјери* вештина.

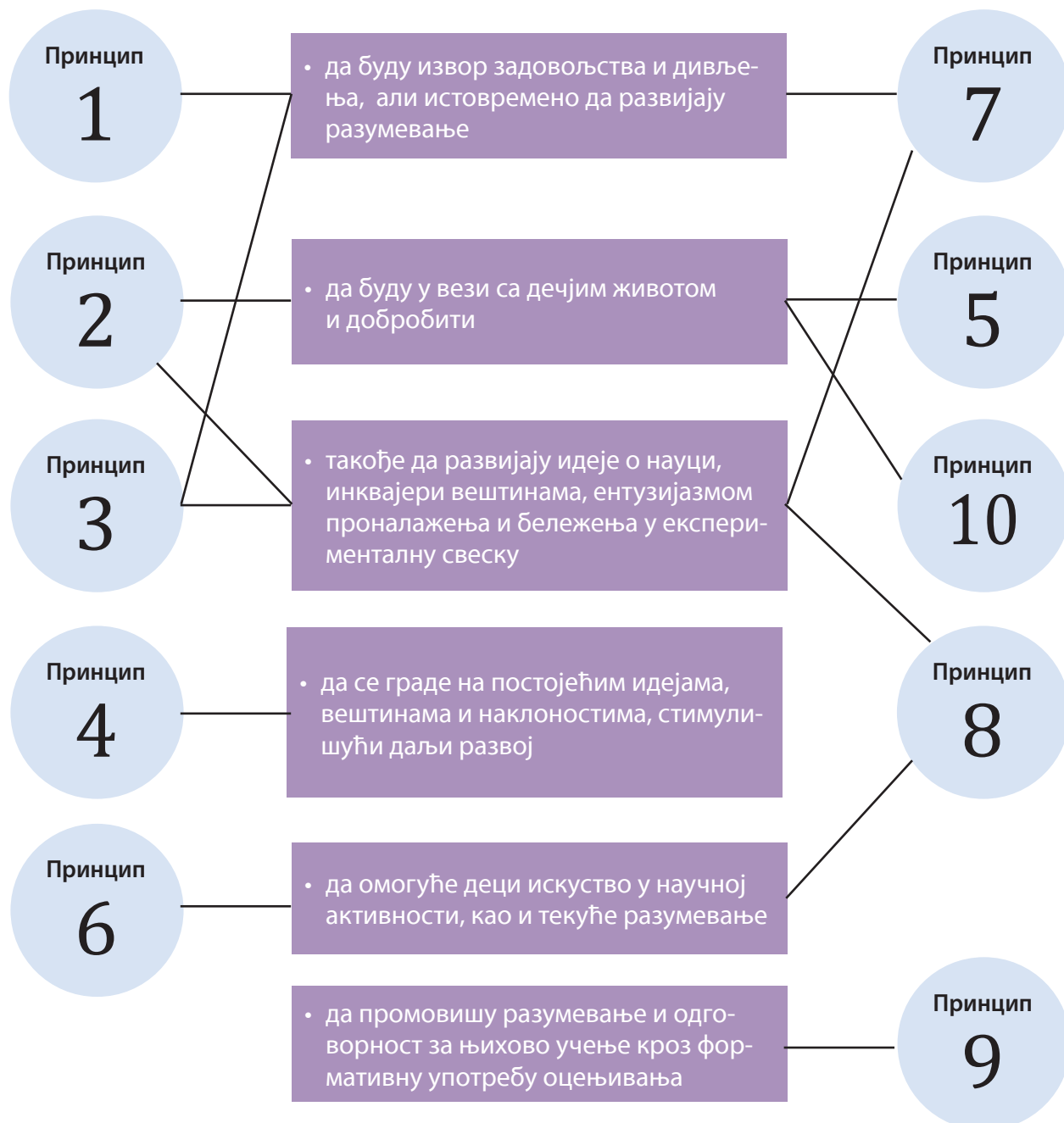
Принципи 4 и 5 захтевају да су активности такве да ђаци могу да нађу везу са свакодневним искуством и претходним учењем, док Принцип 6 захтева да наставник укључи ђаке у развој властитих нових идеја кроз различите врсте научних активности које рефлектују начин на који то раде научници. Принцип 9 наглашава улогу оцењивања, као дела наставе који помаже да се регулишу свеукупни изазови које нуде активности и укључују ђаке у процес доношења одлука у вези са напредовањем. То захтева да наставници и ђаци буду јасни у вези са циљевима, као и да сами наставници процене докле су стигли ђаци у развоју идеја и вештина. Принцип 10 се односи на улогу хуманих и других ресурса, као и на узајамну корист школа и њихових заједница од ове колаборације.

Импликације, како за садржај тако и за педагогију, произилазе из примене принципа на селекцију ђачких активности. Када је у питању садржај, време утрошено на учење наука истраживањем специјалних феномена или догађаја треба да буде планирано тако да буде у функцији прогреса ка великим идејама. То не захтева специјалну процедуру пошто су идентификоване идеје подложне широј интерпретацији. Ипак, вежбање објашњења доприноси овом развоју и корисно је само под условом да се избегне падање у замку понављања активности из године у годину, по навици или зато што то увек функционише.

Педагозија која подржава развој великих идеја мора ипак да промовише и развој инквјери вештина

Примена принципа на ђачке активности у научном образовању

Активности би требало...



Међутим, било да се примењује или не, учење везано за велике идеје такође зависи и од педагогије – како се ученицима помаже да се ангажују при размишљању о начину повезивања теме која се обрађује са другим искуством. Чак и потенцијално релевантан и занимљив садржај може да буде неуспешан у напредовању ка разумевању ако су активности редуковане на праћење инструкција и механичко учење одговора. Такве активности не доприносе циљевима научног образовања поменутих у Принципу 3.

Аспекти ефективне педагогије у науци

Педагогија конзистентна са наведеним принципима тренутно укључује широко прихваћене и афирмисане ефективне праксе, попут инквјери, индивидуалног и социјалног конструктивизма и формативне употребе евалуације. Оне представљају различите, али комплементарне аспекте педагогије.

Инквјери значи да ђаци развијају разумевање кроз сопствена истраживања, да сакупљају и употребљавају податке за тестирање идеја, а да затим налазе идеју која најбоље објашњава оно што је пронађено. Подаци могу бити добијени директном манипулацијом материјалима, посматрањем феномена или употребом других извора, укључујући књиге, интернет и људе. Интерпретација података, са циљем да се понуди евиденција о тестираној идеји, може да укључи дебату с другим ђацима и наставником и откривање оног што су експерти већ закључили у вези са тим. Имплицитно свему овоме је да ђаци активно учествују у поменутих активностима, слично начину на који се научници ангажују да би дошли до решења или разумевања неког проблема. Ученици на овај начин, реализујући свесно своје активности, развијају идеје о науци.

Конструктивизам се позива на свесно откривање постојећих ђачких идеја, вештина и ставова у вези са неким догађајем или феноменом и употребу ових информација као помоћи у даљем учењу. Овим се потврђује да су ђаци активни учесници у развоју или промени својих идеја, што се у пракси своди на помоћ у разматрању алтернативних идеја, које могу бити знатно употребљивије у објашњењу света око њих од оних које већ поседују. Важан извор алтернативних идеја је дискусија о идејама других, односно, уместо очекивања да ђаци развију своје индивидуалне идеје (индивидуални конструктивизам), знатно је плодније охрабривати дискусију и аргументацију током којих се те идеје развијају. Процес комуникације и одбране идеја помаже ђацима да реформулишу сопствене идеје, узимајући у обзир идеје других.

Формативна употреба евалуације је континуирани циклични процес у коме се информације о ђачким идејама и вештинама дају током подучавања и олакшавају активно ангажовање у учењу. Укључује колекцију евиденције о реализованом учењу, интерпретацију ове евиденције у функцији напретка ка циљевима рада, идентификацију одговарајућих следећих корака и одлуке како их предузети. Она има улогу у регулисању подучавања и процеса учења, снабдевајући повратном информацијом како наставника тако и ученика. То представља централно место у оспособљавању ђака са циљем да постану власници сопственог знања, што и јесте једна од кључних карактеристика способности разумевања. Један од захтева тог властништва је да ђаци знају циљеве свог рада и квалитативни критеријум који

Педагогија конзистентна са наведеним принципима тренутно укључује широко прихваћене и афирмисане ефективне праксе, попут инквјери, индивидуалног и социјалног конструктивизма и формативне употребе евалуације

примењују тако да сами могу да процене где се налазе у односу на крајње постављени циљ. Тиме долазе у позицију да, заједно са наставником, идентификују следеће кораке у процесу учења и да преузму одговорност за напредак ка крајњем циљу.

Иако се ова три аспекта педагогије преклапају, они дају различите доприносе ђачком учењу. *Инквјери* подразумева да се развој разумевања остварује кроз прикупљање и употребу података. Ипак, развој идеје *инквјеријем* може почети од идеје коју ђак већ поседује одраније, мада то сам поступак *инквјери* не захтева. Нити то захтева ђачко самооцењивање и вршњачко оцењивање. Конструктивизам, с друге стране, наглашава да развој полази од идеја и вештина које су ђаци стекли ранијим искуством, као и од улоге евиденције и аргументације реализоване са другима при креацији више научне идеје. Али, истовремено мало говори о сакупљању података, природи напретка или улози ђачког самооцењивања и вршњачко оцењивања. Формативно оцењивање указује на важност да редовно подучавање иде у корак са ђачким разумевањем. Централно место код њега заузимају ђаци и њихово лично учење. Добијајући информације и стичући вештине они треба да процене докле су стигли у односу на постављене циљеве и да преузму одговорност за сопствено учење.

Иако се ова три аспекта педагогије преклапају, они дају различите доприносе ђачком учењу

Подучавање уз велике идеје

У претходној дискусији је ипак изостављено експлицитно позивање на развој великих идеја. Могло би да се постави следеће питање: каква би била педагогија када би се радило са великим идејама на уму?

Претпоставимо да је примењена педагогија која нуди могућност за *инквјери*, а базирана је на конструктивистичком погледу о учењу и укључује стратегију формативног оцењивања. Поставља се питање које би промене требало унети да би се остварили сви постављени циљеви учења наука идентификовани кроз развој ка великим идејама.

Први корак би требало да се односи на наставника, који би морао да буде свестан везе између циљева лекције или серије лекција и развоја велике идеје. Ма колико *мале* да су идеје које могу бити развијене као тема у лекцијама, потребно их је представити у виду корака (вертикалних, хоризонталних или спиралних – види поглавље 3) ка великој идеји. На пример, сејање семена и каменчића у тло омогућује ђацима да посматрају да ли ће и из ког од њих доћи до клијања и раста биљке. Али, и размишљања о разлици између живих и неживих објеката. Неколико година касније, ово их може навести да препознају јединствену ћелијску структуру живих организама.

Знатно је лакше уочити везу између циљева појединих активности и велике идеје у програмима за старије ђаке, јер су идеје развијене током активности сличне великим идејама. Тешкоће се појављују при раду с врло малом децом, јер је тешко закључити да нека активност *није* релевантна за велике идеје у науци пошто се има у виду широка интерпретација. Ипак, време проведено на различитим активностима би требало да рефлектује њихову важност у развоју општег разумевања. Зато, имајући на уму велике научне идеје, значи:

Наставници ће дозволити ђацима да продубљењу изучавају неки објекат, догађај или феномен изабран иако га указује на јасну повезаност с једном или више великих идеја

- ◆ наставници ће утрошити више времена дозвољавајући ђацима да продубљењу изучавају неки објекат, догађај или феномен прикладан њиховом узрасту и развоју. Избор тема које ће се обрађивати је остварен тако да наставници и било ко други јасно уочи везу с једном или више великих идеја. Оне ће омогућити разумевање на одговарајућој тачки напретка ка великој идеји. Наставници ће на овај начин бити у могућности да објасне како су идеје које развијају деца током активности у које су укључена повезане са свеопштим великим идејама, па ће на тај начин моћи и да оправдају време утрошено током овог рада.

Међутим, само постојање веза у теорији не значи да ће активности саме по себи допринети свеопштем разумевању сумираном у великој идеји. Тај допринос ће зависти од тога какву и колику помоћ пружа наставник ђацима, са циљем да направе везе које креирају веће и апстрактније идеје. Напредак у развоју идеја ка већој апстракцији је једна од главних потешкоћа у научном подучавању. Наука почиње посматрањем окружења – камена, Месеца, биљке – да би се затим наставила кроз постепено уопштавање искуства, идући ка апстрактнијим категоријама и идејама – сила, гравитација, атом. Свакодневно мишљење је на овим апстрактним нивоима неупотребљиво, па је неопходно коришћење математичких формула или других симбола. Наставник би требало да буде свестан ових сукцесивних апстрактних корака и сигуран да су ђаци способни да их предузму, препознајући, истовремено, да апстрактније идеје продубљују разумевање свакодневних опажања. На тај начин ће:

- ◆ наставници помоћи ђацима да постану свесни како идеје које су се појавиле током инквајери активности у одељењу да повежу са стварима из свакодневног живота. Помоћи ће им да препознају везе између нових и претходних искустава, између нових и претходних идеја. Препознавање ових веза чини науку узбудљивом активношћу;
- ◆ наставници свесно градити ђачко разумевање великих идеја и тиме осигурати да слику света не виде као колекцију независних тврђења, већ као међусобно повезане делове. Наука се сматра фрагментарном без успостављања веза и реализације кохерентности идеја. Као што кућа није гомила набацаних цигала, тако ни наука није гомила неповезаних чињеница;
- ◆ ђаци кроз дискусију током текућих научних истраживања постати свесни универзалности научних идеја и њихове примене у разумевању феномена, како на ужој тако и на широј скали.

Ђаци би требало да истовремено са развојем идеја из науке развију и идеје о науци. Свесно реализовање важности евиденције, као потпоре развоју ђачких идеја из науке, кључно је у каснијем препознавању базне евиденције за велике идеје. Према томе:

- ◆ начин ангажовања наставника ће охрабривати ђаке да препознају неопходност евиденције као потпоре њиховим тврђењима и идејама. Ваци ће на тај начин препознати да чињенице нису ствар мишљења него да могу бити промењене или дорађене у светлу нових евиденција;

Само постојање веза у теорији не значи да ће активности саме по себи допринети својим разумевању сумираном у великој идеји

- ◆ наставници ће помоћи ђацима да одлуче како да сакупљају и интерпретирају податке и употребљавају их као евиденцију при одговору на постављена питања. Ђачка свест о овим процесима ће бити повећана кроз дискусију о њиховим личним и истраживањима других, као и кроз примере начина на који научници тестирају идеје;
- ◆ дискусија о догађајима из историје науке ће бити употребљена да покаже како је за развој идеја, или није, употребљена евиденција у прошлости, као и како је развој технологије унапредио научно разумевање и обрнуто.

Велике идеје и наставничко разумевање науке

Наставници у основној школи се суочавају са посебним изазовима када су у питању велике идеје у науци. Прво, активности деце млађег узраста се, у општем случају, фокусирају на упознавање локалног окружења и живих и неживих ствари у њему. Њихова испитивања и посматрања воде до малих идеја, чија им веза са великим идејама у науци може изгледати као врло деликатна. Међутим, у многим случајевима наставничком образовању у области науке недостаје лично поимање великих идеја и мало прилика за разумевање начина повезивања делова информација које су добили у заједничку целину. Они су, зато, вероватно слабо оспособљени да уоче везе између идеја развијених активностима у одељењу и шире примењивих идеја, па зато и нису у позицији да помогну ученички напредак ка тим идејама. Потешкоћом се може сматрати и чињеница да немају сигурност у представљању научних садржаја због недостатка личног искуства и разумевања у области научних активности.

Веза између ученичких активности и великих идеја, у вишим разредима основне и у средњој школи, вероватно је знатно очигледнија. Међутим, наставници могу и на том нивоу образовања да се суоче са проблемом ограничених знања из појединих научних области – на пример, припремани су за биолога, а морају некада да представљају и садржаје из физике – као и због недостатка директног искуства у аутентичним научним активностима које би требало да им дају самопоуздање при представљању идеја о науци.

Било би идеално да сви наставници поседују лично разумевање великих идеја из науке и о науци. Ако то немају, услед недостатака школског научног образовања, онда постоји нада да га стекну током наставничких студија или континуалног професионалног усавршавања. Наравно, целокупно научно образовање не може бити кондензовано у ограниченем расположивом времену пре или током наставничког рада у школи. Али, наставници и тренери су интелигентни одрасли. Они поседују широко релевантно искуство и знање са знатно ширим опсегом него што и сами често мисле. Као одрасли – и требало би нагласити да овај приступ није одговарајући за ђаке у школи – ангажовани су са великим идејама у широкој дескриптивној форми, што им може помоћи да дају смисао свом искуству. То им може омогућити да обједине обновљене фрагменте знања, дајући истовремено смисао стварима које су претходно изгледале недостижне њиховом разумевању.

Ангажовање у овом случају подразумева знатно више од читања и дискусије наративно описаних великих идеја. Оно би требало да има форму

Наставници у основној школи се суочавају са посебним изазовима... У многим случајевима наставничком образовању у области науке недостаје лично поимање великих идеја и мало прилика за разумевање начина повезивања делова информација које су добили у заједничку целину

Разумевање науке и начина представљања концепата може бити доследно кроз директан контакт са наставницима који имају више искуства и научницима, везом са студентима науке који имају праксу са ђацима у одељењу или лабораторији, као и посредством инјернеја

инквјерија у коме ученици, на основу свог и искуства других, извлаче закључак као неку врсту евиденције, дајући смисао развијеној *пружи*. Конструкција њихових идеја овим путем највероватније не доводи до потпуног схватања великих идеја, али ће бити обећавајући почетак континуалног процеса продубљивања разумевања и пружања могућности наставнику да помогне ђацима у напредовању.

Ово искуство би требало да буде праћено ангажовањем наставника у учењу науке кроз *инквјери* на њиховом нивоу, настојећи тако да развију разумевање *научној инквјерија* кроз непосредно учешће у њему. Успешна реализација овог типа активности захтева да се извесно време посвети наставницима и онима који се тренирају, тако што ће им се пружити могућност да постављају питања и истражују нешто сасвим једноставно из свакодневног живота (попут питања зашто је папирни салвет сачињен од више слојева, зашто лед плива, зашто спољашња површина конзерве са пићем постаје влажна када се извади из фрижидера). Наставник би требало да постане прави истраживач поменутих општепознатих феномена, а не неко ко их објашњава и препричава. Рефлексије о оном што су у почетку разумели, шта су затим ново пронашли и на који начин може их довести у ситуацију да спознају како наука функционише изнутра.

Колико год су важни први самостално урађени експерименти на часовима наука, исто толико је неопходно пружити континуирану подршку развоју разумевања наука и ефективну педагогију у облику који ученицима може бити доступан током живота. Лично разумевање науке и начина представљања концепата може бити доступно кроз директан контакт са наставницима који имају више искуства и научницима, везом са студентима науке који имају праксу са ђацима у одељењу или лабораторији, као и посредством интернета. Оптимизација ове подршке подразумева да сви актери који је реализују треба да припреме своје улоге имајући на уму велике идеје, као и помоћ ђацима у процесу постепеног разумевања.

Закључак

Овим извешајем смо представили принципе за које сматрамо да би требало да подупиру научно образовање свих ђака током школовања. Кључни принцип је да ђацима треба помоћи да развију велике идеје из науке и о науци које би им омогућиле да разумеју научне аспекте света који их окружује и буду информисани о одлукама у вези примене наука. За то разумевање је ђацима потребно да стекну искуства, интересантна и занимљива, а истовремено и релевантна за њихов живот. Разматрали смо напредак од малих идеја о специфичним догађајима, феноменима и објектима ка знатно апстрактнијим и шире примењивим идејама и указали на значајне аспекте педагогије који су неопходни као подршка овом напретку.

Потпуно смо свесни да је овај прилог далеко од дефинитивног, али се надамо да ћемо, представљајући другима оно што смо урадили, стимулативно деловати на даља размишљања о циљевима и процедури научног образовања које је у сагласности са намерама и циљевима двадесет првог века.

Учесници семинара



Слева надесно: Роса Девес, Пјер Лена, Вин Харлен, Хјуберт Дајси, Дерек Бел, Патрисија Ровел, Робин Милар, Веј Ју, Мајкл Рајс, Гиљермо Фернандез де ла Гарса

Дерек Бел

Професор Дерек Бел је руководилац Одељења за образовање у The Wellcome Trust фондацији. Радио је у школама и колеџима Енглеске, а био је и 6,5 година извршни директор Association for Science Education – ASE. У јуну 2007. је добио професорску позицију од College of Teachers. Током каријере је показао изразит и активан интерес за подучавање и учење наука, као и за истраживање начина помоћи деци да развију разумевање света који их окружује. Био је члан тима пројекта SPACE – Science Processes and Concept Exploration, 1980. године, а затим је постао координатор Nuffield Primary Science Projecte, који је проистекао из SPACE истраживања. Његов истраживачки опус укључује и дечје разумевање науке, посебно деце с потешкоћама при учењу. Његово истраживање курикулума и улоге координатора за науку у основној школи је укратко приказано у публикацији *Towards effective subject leadership in the primary school*, Open University Press, 1999.

Ангажован је као консултант у Великој Британији и другим земљама, а био је и члан неколико саветодавних/експертских панела, укључујући и STEM High Level Strategy Group, National Coordinators Group for the National Network of Science Learning Centres, the WISE National Coordinating Committee and Astra-Zenec Science Education Forum. Тренутно је члан борда Engineering Technology Board (ETB) and STEMNET. Заинтересован је за јачање веза између науке, технологије, инжењерства и математике, кроз ново и постојеће партнерство између образовања, индустрије и бизнис сектора.

Роза Девес

Професор Роза Девес је провост на Универзитету Чиле у Сантајугу, а од 2003. је члан Чилеанске академије наука. Дипломирала је биохемију 1974. на Универзитету Чиле, а докторат из биохемије је одбранила на универзитету Western Ontario, Канада. На департман за физиологију и биофизику Медицинског факултета Универзитета Чиле је дошла 1980. Предавала је физиологију ћелије и физичку хемију на додипломским и постдипломским студијама. Активно је учествовала у развоју постдипломских студија, укључујући и формирање веома признатог PhD програма у биомедицинским наукама, чији је директор била у два петогодишња периода. После дипломских студија је била директор на истом универзитету.

Координатор тима за развој новог курикулума је постала 2000. године, на позив Одељења за курикулуме и евалуацију Министарства образовања. Ово је био почетак њеног укључивања у проблематику образовања на школском нивоу, уз истовремени рад на Универзитету. Уочивши значај и вредност програма научног образовања заснованог на *инквјери* методу, који је промовисао National Sciences Resource Centre, почиње сарадњу са Хорхеом Аљендеом, са циљем да успостави програм ЕСВI *инквјери* научног образовања, који стартује у шест државних школа са око 1.000 ђака. Од тада се тај програм шири и тренутно укључује око 250 школа, у свим регионима земље, које раде заједно са дванаест чилеанских универзитета, Министарством образовања и Академијом наука, пружајући висококвалитетно образовање свој деци.

Хјуберт Дајзи

Професор Хјуберт Дајзи је интернационално познат професор научног образовања, са ужом специјализацијом у области професионалног развоја наставника наука. Одбранио је докторат из области научног образовања на Универзитету University of Illinois at Urbana-Champaign. Држао је курсеве из научног образовања на додипломским и постдипломским студијама и био ментор низу домаћих и иностраних студената у тој области. У периоду 1966–1970, као члан факултета Njala University College of the University of Sierra Leone (Западна Африка), био је извршни директор Афричког програма наука у основној школи и Програма научног образовања за Африку 1970–1983, које су користиле скоро све подсахарске земље.

Од 1984. до 2004. је био директор City College Workshop Centre у Њујорку, који је прерастао у високореспектабилну локалну, националну и интернационалну организацију научног и општег образовања. Поред тога што је као директор програма научног образовања укључио школе њујоршког дистрикта, успоставио је сарадњу са Департманом за образовање државе Њујорк, која је као резултат имала развој програма научног образовања и увођења научног *инквјери* образовања у одељења школа на националном нивоу. Био је члан бројних саветодавних тела и консултант за обучавање и учење наука, као и учесник различитих панела и члан гостујућих тимова Националне фондације за науку (NSF).

У низу академских признања су и следећа: гостујући професор на Универзитету у Оксфорду, гостујући професор на Калифорнијском технолошком институту; члан Националног института за научно образовање и члан Националног истраживачког савета за научно образовање К-12. Награђен је са the Exploratorium's Outstanding Educator Award 2005. (Експлораторијум је светски познати музеј науке), а Друштво наставника наука му је доделило награду за научно образовање у 2008. Његови радови у вези са школским образовањем укључују низ поглавља и коаутрских прилога у неколико књига, попут *Linking Science & Literacy in the K-8 Classroom (2006)*, *America's Lab Report (2005)*, *Teaching Science in 21-st Century (2005)*, *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics (2003)*, *The National Science Education Standards (1996)*, *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning (2000)*.

Гиљермо Фернандез де ла Гарса

Гиљермо Фернандез де ла Гарса је председник и извршни директор мексичке Фондације за науку (FUMEC), која је непрофитна организација коју спонзорише мексичка држава и влада. У FUMEC-у је радио на развоју бинационалних регионалних кластера у областима попут аеронаутике, ИТС и савремених производа, као и на унапређењу иновација у средњем и малом бизнису. Диплому инжењера и физичара је стекао на Мексичком националном аутономном универзитету, степен магистра у области економског инжењерства на Станфорд универзитету, а затим се усавршавао у области нуклеарног инжењерства и бизнис администрације на IPN и IPADE. Развијао је иновационе програме у индустрији, на универзитетима и у влади.

Дао је изразите доприносе у популаризацији науке и научног образовања. Један је од оснивача мексичког Друштва за популаризацију науке и технологије (SOMEDICYT) и руководиоца тима научника, едукатора и водећих бизнисмена који су основали CHISPA – научни часопис за децу који се публиковао као месечник од 1978. до 1998. CHISPA је добио низ мексичких и интернационалних награда. Књиге са изабраним чланцима из овог часописа још увек дистрибуира мексичко Министарство за образовање. Мексичка академија наука је била покровитељ састанака деце и научника „Субота и недеља у науци“, које је организовала CHISPA.

Заједно са Министарством образовања и Мексичком академијом наука је покренуо увођење курикулума Наука и технологија за децу, који је развио Национални научни ресурс центар (NSRC). Уз подршку FUMEC-а је, 2002, основао INNOVEC, Иновације у научном образовању, као непрофитну организацију која је имала за циљ да уведе *инквајери меџод* у научно образовање у мексичким државним школама. INNOVEC има споразуме са мексичким Министарством за образовање и владама 10 држава да омогуће овај начин рада за 300.000 ученика, организује интернационалне конференције, радионице, тренинге и информативне програме за наставнике, педагошке саветнике и оне који одлучују о образовању. Гиљермо је 2008. године добио награду PurKwa, коју додељују Француска академија наука и Висока рударска школа из Сент-Етјена за иновативну праксу у научном образовању.

Вин Харлен

Професорка Вин Харлен је, пошто је дипломирала физику на Универзитету Оксфорд, радила као наставник, професор на наставничком факултету и истраживач научног образовања и оцењивања. Постављење за Sydney Jones Professor-а научног образовања на Универзитету у Ливерпулу је добила 1985, што је био и почетак њене петогодишње активности у вези с науком у основној школи. Била је члан радне групе Државног секретаријата која је направила први предлог националног курикулума Енглеске. Захваљујући њој је добијен велики грант од Getsby Trust-а, који је омогућио да се у Ливерпулу формира Центар за истраживање и развој наука у основној школи, који и данас даје изузетне резултате. Водила је неколико истраживачких пројеката у области професионалног развоја и развоја курикулума, укључујући и заједнички пројекат Liverpool-King's SPACE (Science Processes and Concept Exploration), чији је била кодиректор са Полом Блеком, а који је резултирао SPACE истраживачким извештајем и Нафилд матријалом у вези са наукама у основној школи (Nuffield Primary Science materials).

Директор Шкотског савета за истраживање и образовање у Единбургу постаје 1990. Гостујући професор образовања на Универзитету у Бристолу постаје 1999, али тај посао обавља углавном из куће у Шкотској.

Постала је доживотни, а сада и почасни члан Британског друштва за научно образовање (UK Association for Science Education – ASE), уређивала је Ревиију наука у основној школи од 1999. до 2004. и била његов председник 2009. председавала је OECD PISA научној експертској групи од 1998. до 2004. и радној групи Крљевског друштва (State of the Nation Report on Science and Mathematics Education 5-14. Сада председава Интернационалним надзорним комитетом Глобалне мреже академија наука за програм научног образовања.

Године 1991. је одликована високим одликовањем OBE, који додељује енглеска краљица за допринос образовању, а добила је, од Британског друштва за научно образовање (ASE), и специјалну награду за допринос научно образовању 2001. Интернационалну награду PurKwa за научно описивање деце планете је добила заједно са Гиљермом Фернандезом де ла Гарса 2008.

Пјер Лена

Професор Пјер Лена је предавао физику и астрофизику на Универзитету Париз 7 (сада Универзитет Париз Дидро). Допринео је, радећи у Париској опсерваторији, развоју инфрацрвене астрономије, дизајнирању европског врло великог телескопа (VLT) у Чилеу, примени нове оптичке технике у астрономском имаџингу (адаптивна оптика и интерферометрија). Био је дуго година директор Високе школе астрономије и астрофизике и ментор великог броја доктораната. Члан Француске академије наука је постао 1991, а касније и Европске академије и Академије наука у Ватикану (Pontifical Academy of Sciences).

Упоредо са обавезама професора универзитета даје допринос и развоју образовања, поставши председник Француског националног института

за педагошка истраживања (1991–1997), када се суочава са проблемом у вези са тренингом наставника наука. Када је Жорж Шарпак, после добијања Нобелове награде 1992, одлучио да предложи велику реформу научног образовања у француским основним школама, Пјер се, заједно са Ивом Кереем придружује овом покрету. Француска академија наука, чији су чланови била ова три научника, у потпуности подржава тај покрет. Тако је успостављен *инквајери* пројекат *Рука у шћесџу (La main á la pâte)*. Пројекат је прво примењен у мањем броју школа, уз развијање ресурса и процедура за рад у одељењу, пре него што је и званично уведен у француски курикулум 2002. После 2000, пројекат је доживео интернационалну експанзију, посредством сајта (www.lamar.fr). Подржан од Француске академије наука и уз сарадњу са Министарством образовања, пројекат је почео да се шири на више разреде основне школе.

Успех овог подухвата је навео Академију да, крајем 2005, оснује специјални стални одбор (*Délégation à l'éducation et la formation*) са задатком да води овај пројекат, који се проширује и на тренинге наставника. Академија је понудила своје савете и мишљења надлежним телима владе. Пјер је председник овог одбора од 2006. Ово тело има 20–30 чланова, који су посвећени научном образовању, интернационалној сарадњи и неким истраживањима. Сваке године се публикују књиге и други ресурси, организују тренинзи и нуде савети различитим министарствима.

www.academie-sciences.fr/enseignement/generalites.htm

Робин Милар

Професор Робин Милар је професор научног образовања на Универзитету у Јорку, Енглеска. Са дипломом физичара и докторатом из медицинске физике радио је као наставник и предавао физику осам година пре него што се запослио као предавач у образовању на Универзитету у Јорку 1982. На Департману за образовање је држао курсеве на додипломским студијама, затим је реализовао програме (PGCE) за наставнике наука у основној школи, на мастер и докторским студијама.

Написао је велики број публикација које су се бавиле проблемом предавањем и учењем наука, а његове главне области истраживања су: како науку уче деца; дизајн и развој курикулума за науку, са посебним интересовањем за импликације које на њих има фокусирање на научно описмењавање и однос између истраживања и праксе у предвању наука. Руководио је важнијим истраживачким пројектима у вези са практичним радом о презентацији наука у школи, као и о представи о науци коју имају млади људи. Од 1999. до 2004. био је координатор *Evidence-based Practice in Science Education – EPSE*, коју је основао Британски економски и друштвено-истраживачки савет. EPSE истраживачка мрежа је, посредством четири међусобно повезана пројекта, истраживала начине повећаног утицаја истраживања на праксу у научном образовању.

Био је укључен у неколико важнијих пројеката који су имали за циљ развој курикулума. Био је члан менаџмента и ауторског тима за *Slaters' GCSE (General Certificate of Secondary Education) Science* (нека врста завршног испита о основном образовању) и Саветодавног комитета за *Slaters Horner's A-level Physics* (напредни, продубљени курсеви физике за средњошколце),

као и кодиректор програма за развој иновативног курса из области савремене науке, под називом *Science for Public Understanding* (нека врста популаризације науке) и *Twenty First Century Science* (Наука 21. века намењена курсевима науке за ученике од 14 до 16 година).

Био је члан Британске групе у оквиру ЕУ пројекта *Labwork in Science Education* (1996–2000), као и члан OECD PISA (*Programme for International Student Assessment*) научне експертске групе, (2003–2006). Био је председник *European Science Education Research Association – ESERA* (1999–2003), а сада је члан Научног саветодавног комитета Leibniz Institute for Science Education – IPN, који је водећи центар за истраживање и развој научног образовања у Немачкој.

<http://www.york.ac.uk/depts/educ/people/MillarR.htm>

Мајкл Рајс

Професор Мајкл Рајс је водио катедру Научног образовања на Институту за образовање Лондонског универзитета, где је имао и функцију помоћника директора за истраживање, консултације и трансфер знања. На Универзитету Кембриџ је добио високи степен у области природних наука и на докторским и постдокторским студијама из понашања животиња и еволуционе биологије. Провео је пет година предавајући науку (углавном биологију) и математику у државним школама, да би се 1988. вратио високом образовању.

Посебан интерес у области научног образовања је показао за његове циљеве, дизајн курикулума и факторе који утичу на ђаке да се одреде за студије наука. Добио је више истраживачких грантова за различите области истраживања и аутор је и коаутор бројних књига о научном образовању, укључујући и неке које се баве етичким и моралним проблемима, сексуалним образовањем, еволуцијом и учењем наука ван школе.

Био је потпредседник Биолошког института (1994–1997), члан Committee of Novel Foods and Processes, 1998–2001, председавајући у EuropaBio's External Advisory Group on Ethics, специјални саветник у Комитету за животиње које се користе у научним експериментима (the House of Lords Select Committee on Animals in Scientific Procedures), 2001–2002, гостујући професор на Кристијанстад универзитету (2002) и директор образовања у Краљевском друштву (2006–2008). Сада је потпредседник Британског научног друштва (British Science Association, извршни директор the Science Learning Centre London, хонорарни професор на универзитетима у Бирмингему и Јорку, доцент на Хелсиншком универзитету, директор Salters-Nuffield Advanced Biology Project, члан Farm Animal Welfare Council и издавач часописа *Sex Education*. Члан је Друштва биолога и Краљевског друштва за уметност (Royal Society of Arts), почасни члан British Science Association и College of Teachers. Током десет година је радио хонорарно као МБА саветник, а двадесет година је био и свештеник у енглеској цркви.
www.reiss.tc

Патрисија Ровел

Професор Патрисија Ровел је професор емеритус научног образовања на Универзитету Алберта у Канади. Њен истраживачки интерес је фокусиран на развој курикулума, наставника и улоге језика у школској науци, а 2001/02. је била професор истраживач на Универзитету Алберта. На Универзитету колеџ Лондон и Оксфордском универзитету је завршила основне и мастер студије биохемије, а докторирала је научно образовање на Универзитету Алберта.

Учествовала је у реализацији пројеката научног образовања у Уганди, Боцвани, Намибији, Јужној Африци, Аустралији и Кини. Током двогодишњег рада, као гостујући професор на Универзитету у Боцвани, основала је Канадску агенцију за интернационални развој (CIDA), развијајући и квалитативне студије за рад у одељењу. Током две године је била технички саветник владе Намибије, у оквиру програма USAID, са одговорношћу за развој научних курикулума у основној школи. Затим је, као директор пројекта Универзитета Алберта – CIDA за образовање наставника, радила заједно са Намибијским колеџ факултетом на њиховом програму научног образовања. Њени доприноси фондацији CIDA су реализовани у развоју наставничких пројеката у Уганди и Кини, укључујући и презентацију курсева, радионица, развој материјала и вођење постдипломаца. Заједно са професорком Веј Ју је реализовала публикације које су дистрибуиране наставницима у Кини, као и материјале из наука за рад у одељењу у основним школама Намибије, Западне Кине и Јужне Африке.

Као члан радне групе за научно образовање у оквиру Глобалне мреже академија наука (IAP) сарађивала је са групом интернационалних едукатора за науку и академика у подржавању увођења *инквјери* научног образовања (IBSE) у развијеним земљама. На позив чилеанске владе је, заједно са професорима Харлен и Лена, чинила интернационални тим за евалуацију пројекта *инквјери* научног образовања у тој земљи. Сарађивала је са Центром за истраживање учења наука у Југоисточној Кини, у граду Нанјингу, који је задужен за спровођење реформе научног образовања у основној школи широм Кине.

Веј Ју

Професор Веј Ју, рођена у Кини, одбранила је докторат из електронског инжењерства на Техничком универзитету у Ахену, Немачка. После дипломирања на Институту за технологију у Нанјингу 1965, постала је истраживач на Институту за електронику, NIT. Пошто је била у једној од првих група која је наставила студије у Западној Немачкој, 1979. је постала прва жена доктор наука у Новој Кини. По повратку у Кину оснива Департман за биомедицинско инжењерство и Лабораторију за молекуларну и биомолекуларну електронику (LMBE) на Југоисточном универзитету. Била је директор LMBE лабораторије и ректор Југоисточног универзитета 1984–1993. Добила је почасни докторат осам страних универзитета.

Током дугогодишње каријере наставника и истраживача у електроници дала је веома значајан допринос развоју биоелектронике и формирању молекуларне и биомолекуларне електронике. Као помоћник министра у

Министарству за образовање Кине, 1993–2002, дала је веома важан допринос реформи високог образовања и учењу на даљину. Од 1994. до 2002. године је била члан ICSU–CCBS (International Council of Scientific Unions – Committee of Capacity Building on Science).

Покренула је у Кини ново интердисциплинарно истраживање – Учење наука, границе мишљења, мозак и образовање – које је повезивало неуронауку и образовање. Истовремено уводи приступ научном образовању заснован на *инквајери меџоду*, промовишући пројекат *Учим радећи* и креира вебсајт www.hadsbrain.com. За допринос дат пројекту *Учим радећи*, односно иновацију у научном образовању, добија од Француске академије наука и Високе рударске школе из Сент-Етјена награду PurKwa 2006. Током 2007/08. године председава Комитету за реформу националних стандарда научног образовања у основним школама Кине, чији извештај је презентован Министарству крајем 2009.

Литература

Стандарди научне писмености. Пројекат 2016

AAAS (American Association for the Advancement of Science. (1993) *Benchmarks for Science Literacy. Project 2016*. Oxford University Press

Атлас научної образовања

AAAS (2001) *Atlas of Science Literacy*. Washington, DC: AAAS and NSTA

Деца, њихов свет, њихово образовање. Извештај и препоруке Cambridge Primary Review

Alexander, R. (Ed) (2010) *Children, their World, their Education. Final report and recommendations of the Cambridge Primary Review*, London: Routledge

Популарна наука

AQA (Assessment and Qualifications Alliance) (2000) *Science for Public Understanding Specification For GCE Advanced Subsidiary Examination*

Ентузијазам следеће генерације

Biosciences Federation (2005) *Enthusiasing the Next Generation*, London: Biosciences Federation

Образовни процес

Bruner, J. S. (1960) *The Process of Education*. New York: Vintage Books (see also Raimi)

Прилика за уједначену трансформацију математичкој и научної образовања за грађане и глобалну економију

Carnegie and Institute for Advanced Study (2010) *The opportunity Equation transforming mathematics and science education for citizenship and global economy*. New York: Carnegie-IAS

Напредак у учењу наука

Concoran, T., Mosher, F. A. and Rogat, A. (2009) *Learning Progressions in Science*. Philadelphia, P. A: Centre on Continuous Instructional Improvement, Teachers College, Columbia University

Реформа научної образовања у Чилеу

Devés, R. (2009) *Science Education Reform in Chile (1990-2009)* Paper prepared for the Loch Lomond Seminar

Напредак у учењу са циљем да се продуби њачко разумевање модерне генетике од 5. до 10. разреда

Duncan, R. G, Rogat A. D. and Yarden, A. (2009) A learning progression for deepening students understandings of modern genetics across 5th-10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6) 655-674.

Приближити науке школи: учење и предавање наука у К-8 разредима

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. Shouse, A. W. (2007) *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8* Washington DC: The National Academies Press

Кључне идеје основа науке у школама Алберте

Ebbers, M. and Rowell, P. M. (2001) *Key ideas in Elementary Science for Alberta Schools*. Edmonton: University of Alberta

Научно образовање данас: Нова педагогија за будућности Европе

European Commission (2007) *Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe* (Rocard Report) Brussels: European Commission

Краћиак приказ еволуције научних курикулума у основним школама Мексика

Fernandez de la Garza, G. (2009) Brief overview of the evolution of the science curriculum for the elementary schools in Mexico. Paper prepared for the Loch Lamond Seminar

Велике идеје (и неке не тако велике идеје) за давање смисла нашем свету. Ресурси за наставнике наука у основној школи

Gustafson, B. J. and Rowell, P. M. (2000) *Big ideas (and some not so big ideas) for making sense of our world. A resource for Elementary Science Teachers*. Edmonton: University of Alberta

Предавање и учење наука за бољу будућност

Harlen, W. (2009) Teaching and learning science for a better future, *School Science Review*. 90 (333) 33-41.

Да ли су задовољавајући садржаји у основном образовању?

Harlen, W. (1978) Does content matter in primary science? *School Science Review* 59 (209) 614-625

Десет принципа наставе наука (ово имаће и на сајту: http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/?Page_Id=59)

La main à la pâte (1998) Ten principles of teaching. http://lamap.inrp.fr/index.php?Page_id=1179

Појед на велике и основне идеје у науци

Léna, P. (2009) Big ideas, core ideas in science-some thoughts. Paper prepared for the Loch Lamond Seminar

Оцењивање у школи. Да ли је одговарајуће? Коментари ESRC истраживачкој програма обучавања и учења,

Mansell, W. James, M. and ARG (Assessment Reform Group) (2009) *Assessment in schools. Fit for Purpose? A commentary by the ESRC Teaching and Learning Research Program*, London: ARG and TLRP

Велике идеје у науци и научном образовању

Millar, R. (2009) "Big ideas" in science and science education. Paper prepared for the Loch Lamond Seminar

После 2000, научно образовање за будућност

Millar, R. and Osborn, J. (1998) *Beyond 2000, Science Education for the Future*. London King's College School of Education

Развој вишегодишњега напредака у учењу о циклусу угљеника у друштвено-еколошким системима

Mohan, L., Chen, J. and Anderson, C. W. (2009) Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*. 46 (6) 675-698.

Научни оквир националног оцењивања напредака у образовању у 2009.

NAEP (2008) *Science Framework for the 2009 National Assessment of Education Progress*. National Assessment Governing Board, US Department of Education

Национални стандарди научног образовања

NRC (National Research Council) (1995) *National Science Education Standards*. Washington D.C. NRC

Идентификовање суштине. Коментар на тренд у развоју националног курикулума

Oates, T. (2009) Missing the point: *identifying a well-grounded common core*. Comment on trend in the development of the National Curriculum. *Research Matter*, October 2009.

Научно образовање у Европи. Критичка рефлексија.

Osborn, J. and Dillon, J. (2008) *Science Education in Europe: Critical Reflection*. London: Nuffield Foundation

Образовни процес

Raimi, R. A. (2004) Review of Jerome Bruner: The Process of Education
<http://www.math.rochester.edu/faculty/rarm/bruner.html>

Перспективе научних дисциплина засноване на основним идејама. Скица заснована на размишљању о начину избора основних идеја.

Salter, T. F. and Salter, S. J. (2009) A science discipline based perspective on core ideas. Draft thought paper on approaches to selecting core ideas.
http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Cu8dZGPS65YJ:www7nationalacademies.org/bose/Slater_CommissionedPaper.pdf+A+science+discipline+based+perspective+on+core+ides&hl=en&gl=uk&pid=bl&srcid=ADGEE5gHgWgEvnnC39lkg56XCLm7PloSeMlh1n1lh7ehNxGpPiCIZ-rBrF7IFKmdS-zsa1U-wKCPLBcrCEu43kmaPRke_tksOwARhcVV11vJ74a3748-U-RPtcIQ1po3hCvRqVBFipJ&sig=AHIEtb-Q_WUzmNuv7CCNLadNtmHyOZ8ilhq

Клијање семена и научници

Smith, D. C., Cowan, J. L. and Culp, A. M. (2009) Growing seeds and scientists. *Science and Children*, September 2009, 48-51.

Како и када се дешава комплексно резонување? Најпредак у учењу на основу искуства при комплексном резонувању о биодиверзитету

Songer, N. B., Kelcey, B. and Gotwals, A. W. (2009) How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6) 610-631.

Карактеристике наука двадесет првог века; научно објашњење и идеје о науци

Twenty-First Century Science specification; Science Explanation and Ideas about Science
http://www.ocr.org.uk/campaigns/science/?WT.mc_id=sciencecp_300310

О кохерентности и суштинским идејама

Wilson, M. and Draney, K. (2009) On coherence and core ideas. Paper commissioned for the NRC Board of Education meeting, August 17 2009.

Пилот-пројам „Учим радећи“ у реформи научног образовања у Кини

Wei Yu (2009) *A Pilot Program of “Learning by Doing” in China’s Science Education Reform*. Nanjing: Research Centre of Learning Science, Southeast University

Пет области основа научног знања: шта ћога разумевамо пог STEM-способношћу

Zimba, J. (2009) *Five areas of core science knowledge: What do we mean by ‘STEM-capable’?* Paper Prepared for the Carnegie-Institute for Advanced Study Commission on Mathematics and Science Education (see Carnegie-IAS)

Вебсајтови

www.lamap.fr

(гео овој сајта је доступан на српском језику у оквиру пројекта Рука у шесћу, <http://rukautestu.vinca.rs> и <http://www.rukautestu.rs>)

www.science-techno-college.net *(гео овој сајта се такође налази на сајту Рука у шесћу!)*

www.academie-sciences.fr/enseignement/generalites.htm

www.fibonacsi-project.eu/ *(учесник овој пројекта је и Србија посредством пројекта Рука у шесћу и ТЦ1 центара Института Винча, Београд)*

Наслов оригинала:

Principles and big ideas of science education

Edited by Wynne Harlen

Contributors

Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell, Wei Yu

Published by the Association for Science Education
College Lane, Hatfield, Herts. AL10 9AA

© Wynne Harlen 2010

Copies may be made without fee or prior permission as long as acknowledgement is given.

Available on the ASE website www.ase.org.uk and linked websites

Printed in Great Britain by Ashford Colour Press Ltd., Gosport, Hants

ISBN 978 0 86357 4 313

Захвалност за добијање права превода ове књиге дугујемо:
професорки Вин Харлен, која је, као један од најпризнатијих дидактичара, део
своје награде PurKwa употребила за организацију овог семинара на коме су
учествовали интернационално најпознатији експерти за област научног
образовања