

Рад с великим идејама научног образовања

Едитор Вин Харлен

коаутори: **Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Louise Hayward, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell, Wei Yu;**

Превео на српски језик: **Стеван Јокић**

Напомена: Текст није лекторисан. Свака сугестија у вези превода и терминологије је добродошла.



the global network of science academies

Published by the Science Education Programme (SEP) of IAP

www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx

IAP - c/o ICTP campus - Strada Costiera, 11 - 34151 - Trieste - Italy

www.interacademies.net

iap@twas.org

[ISBN no.]

© Wynne Harlen 2015

Copies and translations may be made without fee or prior permission with due acknowledgement

Editor: Wynne Harlen

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

Рад с **ВЕЛИКИМ** идејама научног образовања

Предговор

Кратак приказ	5
1 Увод и мотивација	6
Увод	
Разлози	
Изазови	
Користи за индивидуу и друштво	
2 Принципи	10
3 Преиспитивање великих идеја: опсег, домет и идентификација	13
Домет	
Димензија	
Идентификовање великих идеја	
4 Напредак у развоју великих идеја	20
Концепције напредовања	
Опис напредовања ка великим идејама	
5 Рад с великим идејама на уму	36
Пружање могућности сваком ђаку	
Садржај курикулума	
Педагогија	
Процењивање	
Резиме и импликације	
6 Имплементација великих идеја	47
Велике идеје у нациоанлним курикулумима	
Разумевање великих идеја од стране наставника	
Формативна евалуација подучавања за велике идеје	
Закључни коментар	
Профил учесника семинара	55
Литература	63

ПРЕДГОВОР

Група експерата у области научног образовања је, учествујући на интернационаном семинару 2009, је покушала да идентификује кључне идеје које би ђаци требало да упознају у свом научном образовању да би могли да разумеју, уживају у предивном природном окружењу. Ђаци обично схватају науку као неповезани низ чињеница врло уског значења јер им је она тако презентирана у преобимним и фрагментираним курикулумима. Део решења овог проблема је могућ ако се као циљ научног образовања схвати као напредовање ка разумевању кључних идеја – „великих идеја“ – битних за живот ђака у школи и ван школе, а не као низ знања и чињеница о телима и теоријама. Резултат овог семинара и каснији рад групе је приказан у публикацији *Принципи и велике идеје научног образовања*, које су бесплатно дистрибуиране, преведене на неколико језика и добро прихваћене у свету.

После пет година закључено је да су и даље важећи разлози због којих је развој великих идеја у науци био у жижи интересовања али су се појавили и убедљиви разлози за њихову допуну. Други интернационални семинар, на ком је учествовала иста група експерата из области наука, уз присуство експерта за курикулуме, који су позвани да би се први рад допунио. Семинар је одржан у септембру 2014, уз помоћ Министарства образовања Мексика, за INNOVEC интернационалне колаборације, и помоћ неких институција које су представљали учесници кола и неких индивидуа. Сви учесници су узели активно учешће у семинару који је трајао два и по дана, као и у каснијим побољшањима и преиспитивањима ове публикације. Презентације и дискусије на семинару су пажљиво регистроване. Као и раније, искуство и културни бекграунд чланова групе ће допринети ширењу идеје о важности рада на плану научног образовања и у другим деловима света.

Овим путем изражавамо захвалност, за изузетни заједнички труд, експертској групи: Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Louise Hayward, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell, Wei Yu; and to Juliet Miller (rapporteur).

Кратак приказ

Сврха ове публикације је разматрање најновијих дискусије и закључака о суштинском разумевању науке које би требало да постигне сваки ученик током година обавезног школовања. Појављује се пет година после *Принципа и великих идеја научног образовања*¹ која је била написана као одговор на ситуацију да многи ђаци не сматрају своје научно образовање интересантним и не тако важним у животу. Део проблема представљају пренатрпани курикулуми које схватају као низ неповезаних чињеница које морају да науче. Део решења се сагледава у дефинисању циља научног образовања као постепеног напретка у разумевању кључних идеја релевантних за живот ђака током и после година школовања, а не као кроз прадијална знања о чињеницама и теоријама. Те идеје идентификујемо као „велике идеје“ које би сви ђаци требало да разумеју – не смао они који иду на студије наука или се запошљавају на пословима који захтевају научну основу- него подједнако сви, без обзира на пол, културно окружење или недостатке.

*Принципи и велике идеје научног образовања*¹, 2009, настале као резултат рада интернационалног тима експерата у области науке и научног образовања, идентификују неке водеће принципе, десет великих идеја о науци и четири идеје о науци и њеним применама. *Рад с великим идејама научног образовања* – као резултат новог семинара и рада исте групе – се надовезује на претходни детаљнијим логичким приступом током рад који је усмеран ка великим идејама и импликацијама на садржај курикулума, педагогију, ђачко процењивање и образовање наставника.

Научно образовање би такође требало да узме у обзир промене које су се десиле када је су питању послови који захтевају способност повезивања науке с инжењерством, технологијом и математиком (STEM), ургентном потребом усредсређивања на велике глобалне проблема попут последица климатских промена, позитивних и негативних утицаја ђачког процењивања и растућег доприноса неуронаука у процесу разумевања учења. Све поменуте чињенице су само додатак разлозима који су поменути при неопходности развоја великих идеја и нуђења оквира за доношење одлука у вези научног образовања.

Док су вишеструки циљеви научног образовања препознати у основним принципима, дотле је фокус ове публикације усмерен на концептуално разумевање уз развој научних способности и ставова уграђених у одговарајућу педагогију радије него као одвојена листа циљева. Велике идеје *из науке и о науци* су исказане у форми наративног описа напредовања које резултира разумевањем кључних идеја током година проведених у основној школи.

Импликације увођења у праксу принципа и великих идеја су разматране у вези са селекцијом садржаја, педагогије, ђачког процењивања и образовања наставника. Веома је важно да се аргуменује да централну улогу у развоју разумевања нема само инквајери него да је и идентификовање великих идеја неопходни пратилац промоције научног образовања заснованог на IBSE методу. Последење поглавље у вези имплементације је дато кроз дискусију о оном што је потребно да се укључи да би

¹ *Principles and Big Ideas of Science Education* Edited by Wynne Harlen with the contribution of Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell and Wei Yu. Published by the Association for Science Education, 2010. ISBN 978 0 86357 4 313.

дошло до промене у пракси, разматрајући при томе како су идеје исказане кроз курикулуме из науке, као и развој наставничког разумевања великих идеја и евалуације подучавања за велике идеје.

1. Увод и мотивација

Увод

Принципи и велике идеје научног образовања су објављени пре пет година током којих су се десиле изузетно велике промене у образовању уопште а поготову у научном образовању. Ђаци користе дигиталне технологије како у учионици тако и ван ње; имплементирани су нови оквири за курикулуме; компјутери су употребљени као помоћ у процењивању; постигнути је напредак у учењу с разумевањем и ефектима таквог начина рада.

Знатно веће промене, које имају изузетне импликације на образовање, су се десили у области рада, јер су технологије неке типове рада показале као потпуо непотребним. Смањена је потреба за радом који су могли да обављају радници са средњом стручном спремом, преостала су само она занимања која је било тешко аутоматизовати- углавном послови нижег нивоа и послови високог нивоа који захтевају посебне људске способности. За многе људе ће, способност креације нових производа, решавање проблема и реализација комплексних задатак, бити, бар за неко време, начин да избегну незапосленост и друштвене последице које она са собом носи. Глобализацијом се појављују нове могућности али и нови изазови, поготову за људе у неразвијеним земљама које нису у стању да се тако брзо прилагоде насталим променама као што то чине развијене земље.

Успех у модерном добу иновација захтева способност поимања оног суштинског а заједничког за различите проблеме, препознавање одговарајућег валидног модела, стицање и примену релевантног знања. Научно образовање има потенцијал који може да помогне развој поменутих способности и разумевања фокусирањем на развој моћних идеја из науке и идеја о природи научних активности и њиховој примени. Узимањем свега поменутог у обзир закључили смо да је крајње рационално да поново размотримо велике идеје идентификоване у 2009 с посебним освртом на импликације у вези промена у научном образовању које су неопходне у њиховој имплементацији.

Коначно, глобални изазови с којим се суочава човечанство, попут климатских промена, здравља и растуће популације на планети, креирају ургентну потребу младих људи за основним разумевањима релевантних научних идеја, технологије и етичких питања као и способности резонувања, јер једино тако могу да буду припремљени за суочавање с тим проблемима.

Сада се okreћемо преиспитивању оправданости и важности идентификовања великих идеја и наводимо неке пратеће изазове и користи.

Разлози

Пре пет година смо идентификовали следеће разлоге за експлицитно навођење основних идеја које требало да буду циљ научног образовања:

- уграђивањем идеја у кохерентну слику начина на који свет функционише, као одговор на ђачку перцепцију науке као фрагментарне колекције чињеница и теорија које су од врло мале важности за њих
- нуђење основе за активности у учионици које ће помоћи ђацима да објасне ствари које сматрају важним
- нуђење основе за селекцију могућег садржаја курикулума из мноштва понуђеног
- приказивање развоја оквира курикулума грађених на еволуцији ка великим идејама.

Наведени разлози су и даље применљиви али сад треба додати и друге, о којима ћемо овде укратко а касније и детаљније дискутовати. Они се појављују из три правца:

- широко прихваћеној педагогији заснованој на инквајери методу у научном образовању
- препознавању повезаности наука и других STEM садржаја² у контексту свакодневног живота
- већег разумевања које нуди неуронаука о условима који утичу на учење.

Научно образовање засновано на инквајери приступу

Педагогија заснована на инквајери приступу је, у принципу, прихваћена широм планете, а у последњој декади је и урађен већи број истраживања о њеној ефикасности. Учење наука инквајери приступом подразумева да ученици развијају разумевање посредством својих менталних и физичких активности, полазећи од њима познатих идеја, преко сакупљања података, анализе и интерпретације доказа, развијања моћнијих и научних идеја при објашњењу нових догађаја или феномена. Ово је, на неки начин, и оличење погледа социјалног конструктивизма у учењу и реализације ђачког рада на начин који је сличан оном који користе научници, односно развој неке врсте препознавања природе научних активности. Наравно, нема уопште потребе да се само посредством инквајери приступа учи наука, најбитније је то што овај приступ помаже ђаку да развија разумевање. Ипак, имплементација ефективног инквајери приступа захтева време па је неопходно да се одаберу оне теме и активности које најбоље одговарају драгоценом расположивом времену за учење. Селекција кључних моћних идеја које су најупотребљивије у разумевању света око нас је последица озбиљног прилагођавања заснованог на инквајери приступу подучавања и учења током година обавезног школовања.

Веза са свакодневним животом

Ситуације у којим се наука повезује с искуством из свакодневног живота, у којима се показује изузетно интересовање великог броја ученика, често захтева комбинацију

² STEM- (Science, Technology, Engineering and Mathematics -Наука, технологија, инжењерство и математика) има следеће значење:

Наука: идеје о природи, потврђене емпиријском евиденцијом, настале током времена и у процесима у којима су те идеје биле генерисане.

Технологија: системи, процеси и артефакти које стварају људска бића да би задовољила своје потребе или жеље.

Инжењерство: систематски и итеративан процес који уз коришћење научног знања дизајнира објекте и системе да би се остварила решења људских проблема.

Математика: систематско изучавање модела и веза између квантитета, бројева, и простора представљених симболички у форми цифара и облика а потврђених логичком аргументацијом.

науке с другим областима, посебно инжењерством, технологијом и математиком. Промене места и начина рада, као и у истраживачким активностима, захтевају мултидисциплинарни/трандисциплинарни тим да би се успешно решавао широк спектар научних и проблема који могу имати импликације у друштву. Контексти и проблеми из света реалности- попут дизајнирања енергетски одрживих система, биомедицинског инжењеринга, очувања биодиверзитета у просторима конфликта између локалних и глобалних потреба- захтевају знања, концепте и вештине из неколико дисциплина. Опште разумевање ових појава и њихових етичких импликација су неопходне сваком грађанину ако постоји политичка воља да се они мобилишу при решавању актуелних проблема. Ова разматрања истичу у први план пружања могућности сваком љаку да стекне одговарајућа знања, без обзира да ли ће или не бити запослен у таквом предузећу.

Према томе, способност уочавања веза између различитих идеја у науци, као и разумевања великих идеја и начина на који су оне развијене, представља важан део припреме за рад и живот. Образовање које помаже ђацима да повежу идеје у оквиру једне и више научних области доприноси њиховој креативности и иновативности. Тиме се ђаци припремају да учествују, у брзим променама у раду и комуникацији, употребом технологија развијених кроз инжењерство и научну примену, радије него да буду препуштени на милост и немилост другима.

Неуронаука и истраживања когниције

Напредком истраживања у области активности мозга веома брзо су идентификовани фактори који олакшавају ефикасније учење. Једно од релевантних открића је да се иновативне идеје радије користе у новим ситуацијама него неинновативне. Ова чињеница иде у прилог активностима које се усмеравају на неколико великих идеја које омогућавају разумевање света и нашег искуства у њему, радије него ка серији неповезаних делова знања. Грађење веза и препознавање модела омогућава ученицима да идентификују битне аспекте при покушају разумевања нових ситуација. Имеџинг мозга открива како је поимање нових идеја праћено емоционалним реакцијама које карактеришу манифестацију задовољства при развоју разумевања. Педагогија која примењује учење у групи и посматрање других, који су већи зналци, такође бива потврђена идентификацијом активности огледалних неурона. Иако се чудне и непроверене тврдње понекад користе као допринос неуронауке образовању, ипак изгледа вероватније да ћемо у будућности имати више научно заснованих доприноса, с директном применом у учионици и то не само у научном образовању него и у другим предметима.

Изазови

Иако постоје чврсти аргументи за фокусирање подучавања на велике идеје, важно је напоменути да су се током недавних година појавили и изазови, или чак стварне препреке, у односу на промене које су биле неопходне да се ђацима пружи могућност за развој разумевања. Два кључна изазова су у вези са ђачким процењивањем и образовањем наставника.

Процењивање ђака

У многим земљама је уочен константан раст тестирања и употребе добијених резултата при постављању циљева које би требало да остваре наставници и школе, уз погрешно веровање да ће се на тај начин успешније учити. Уобичајени тестови и испитивања

представљају серију неповезанх питања или проблема, који најчешће охрабрују подучавања неповезаних делова сазнања. Ако се напредовање ка великим идејама истински подржава онда је неопходна фундаментална промена начина процењивања према коме би се евидентирали, сакупљали и користили подаци који говоре о томе шта су ђаци способни да ураде. Ефекат процењивања онога што је подучавано и како је подучавано, без поменутог елемента у процењивању, ће бити ограничен, чак и репресиван, при покушају развоја кључних способности и разумевања код ученика.

Образовање наставника

Наставнику је веома важно да, при планирању лекције, има на уму како се циљ поједине лекције уклапа у ширу слику знатно моћније идеје (теорије) што би могло да помогне ђацима да дају шири смисао и опсег одговарајућим феноменима и догађајима. Прихватањем овако уопштенијег начина рада, наставници се ограничавају на запажања и преиспитивање ђачких активности, питања и одговора, које затим користе у процени начина на који да дају повратну информацију ђацима и како да прилагоде своја подучавања кроз формативно порцењивање и тиме подрже даље ђачко учење. Ово је посебан изазов за наставнике разредне наставе који морају да подучавају више предмета, али и за наставнике виших разреда основне школе који подучавају све научне области а студирали су детаљно само једну, евентуално две науке. Многим наставницима недостаје још из школских дана научно образовање које им је пружало могућнос да учествују и сами у неким научним активностима и добију прилику за развој великих идеја. Образовање наставника би требало да им ово искуство пружи како би били спремни да помогну ђацима да успешно остваре раумевање великих идеја.

Користи за индивидуу и друштво

Суочавање с овим изазовима би било од велике користи за ђаке као индивидуе и само друштво. Користи за ђаке би се огледале у сваком добро дизајнираном школском програму. У науци ово подразумева задовољство способношћу да се да смисао свету у ком живе, и поштовање према научним активностима као и њиховом утицају на наш живот. Додатна корист од развоја моћних идеја које имају широку примену у домену искуства проистиче из способности да се схвате основне карактеристике догађаја или феномена чак и у недостатку детаљнијег знања. Разумевање основних аспеката света помаже индивидуама у доношењу личних одлука које се тичу њиховог здравља и задовољства окружењем као и самим избором занимања. Пракса постављања питања, тражења доказа и одговора, као и дељење погледа с другим такође доприноси грађењу самопоуздања и поштвања према себи и другима. Штавише, задовољство способношћу уочавања модела у различитим ситуацијама и њихово повезивање доприноси мотивацији за учење током и после формалног обазовања.

Развоја разумевања кључних идеја од стране младих људи може бити само од користи за друштво јер тиме они постају способни да, још као ђаци и касније у живот, направе избор о начину исхране, одговарајућој активности, употреби енергије и бриге о окружењу. Управо поменути елементи имају утицаја како на њихов свакодневни живот, тако и на дугорочне последице по окружење услед људских активности. Разумевање начина на који се користи наука у многим аспектима живота је потребно због уочавања важности науке и препознавања пажње која је неопходна да би се са сигурношћу и на огодварајући начин употребило знање. Неопходно је да ђак има сазнања о начину коришћења научног знања у инжењерству и технологији, сада и током историје, као и да буде свестан могућности позитивног и негативног утицаја, тог истог знања, на друштво. Образовање у области науке има јединствену улогу у

стварању разумевања и жеље да се људима помогне да се спремно суоче с појавама које воде до неједнакости у богатству, запошљавању, здрављу и образовању широм планете.

2 Принципи

Неки од принципа у вези с научним образовањем се узимају и као оправдање за фокусирање на основне идеје у науци. Њиховим експлицитним набрајањем се истичу вредности и стандарди којим смо били вођени при одлучивању о великим идејама и начину њиховог увођења у праксу. Закључили смо да није потребно вршити никакве значајне промене у вези идентификованих принципа наведених у књизи *Принципи и велике идеје научног образовања*. Ипак, сматрамо корисним да их укратко овде поновимо уз нагласак на њихову примену код неких аспеката научног образовања.

Примена принципа при остварењу циљева научног образовања

Школа би требало да, током година обавезног школовања, кроз њене 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.

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. 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.**

Научно образовање би требало да помогне уграђивању ђачке радозналости, дивљења и преиспитивања, у његову природну наклоност при тражењу смисла и разумевања света који га окружује. Научни инквјери би требало да се ђацима уведе као активност која може бити вођена од било ког укључујући и њих саме. Они би требало да те самосталне активности повежу не само с претходним и новим искуством, којим нису само узбуђени и задовољни, него и реализацијом коју могу да додају својим знањима оствареним кроз инквјери активност. Резултат научне активности као и сам њен процес могу да подстакну позитивне емоције које мотивишу даље учење.

Ученицима би научно образовање требало да помогне да развију разумевање, моћ резоновања и постављања које им омогућује да воде физички и емоционално здрав и задовољавајући живот. Све ово би требало да им као индивидуи и групи омогући добијање више информација о начину на који би, на пример, смањили енергетски и отпад из других ресурса, загађење и последице неправилне исхране, недостатак физичке активности и неправилног коришћења лекова.

Ђаци би требало да кроз научно образовање развију разумевање великих идеја о предметима, феноменима, материјалима и везама у природи. Научно образовање би такође требало да развије велике идеје о научном инквјериу, резоновању и методама рада и идејама о вези између науке, технологије, друштва и окружења. Иако велике идеје *из* науке (које су резултат научне активности) и *о* науци (како ми схватамо и користимо науку) представљају главну усмереност ове публикације, ипак циљеви

научног образовања би требало такође да укључе развој научних способности и научних ставова.

Примена принципа на селекцију активности за учење

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. Напредак ка великим идејама би требало да се оствари изучавањем тема које су интересантне ђацима али су и релевантне за њихов живот. Разлика између ђака би требало да буде употребљена за повећање знања код сваког од њих појединачно.

Искуства стечена учењем би требало да пруже ученицима могућност доживљавања научног знања и научног инквизиција у складу са савременим научним и образованим мишљењем. Они би требало да продубљују разумевање научних идеја као и других амбиција, попут развоја ставова и способности.

Деца доносе у школу идеје о свету формиране кроз њихове активности, посматрања и размишљања остварене у свакодневном животу. То би требало да буду полазне тачке за развој разумевања, способности и ставова као основних циљева научног образовања. Ђаци различитих предзнања и способности би требало да добију прилику да уче кроз активности које су им интересантне а истовремено и прилагођене њиховом досадашњем искуству.

Помагање напретка ка том циљу захтева нека знања о његовом правцу и његовој 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.

Ученицима је врло тешко да уче с разумевањем ако решавају задатке који, бар за њих, немају неко значење. Уче знатно ефикасније када им се пружи прилика да повежу ново искуство с оним што већ знају, а мотивисани су радозналост да дају одговор на постављено питање. Активности би, дакле, требало да омогуће ђацима да раде с реалним објектима и реалним проблемима. Програми подучавања и учења би требало да буду довољно флексибилни да омогуће ђацима, с различитим искуствима и могућностима које су им могле пружити различите локалне средине, да исказано интересовање и питања буду употребљена као полазна тачка у раду ка заједничком циљу.

Ђаци би требало да доживљавају науку као тежњу ка разумевању, а не као колекцију потврђених чињеница и доказаних теорија. Научно знање би требало да се схвати као сет објашњења природних феномена која су опште прихваћена и најбоље одговарају доступним доказима. Оно би, такође, требало и да се посматра као резултат људског трагања које укључује креативност и имагинацију, као и пажљиво сакупљање и интерпретирање података.

Примена принципа на ђачко процењивање

Процењивање има кључну улогу у научног образовању и требало би у свим случајевима да има једну од одлучујућих улога у побољшању учења.

Формативна оцена ђачких достигнућа и сумативна оцена њиховог напретка морају бити примењени на све циљеве.

Формативно процењивање би требало да буде посматрано као део подучавања и учења с тежњом да помогне ученицима да препознају циљеве активности, самостално расуђују о својим постигнућима и усмеравају даљих активности. Сумативно процењивање би, иако има за циљ да покаже постигнуће ученика у одговарајућем тренутку, требало да буде вођено на начин да се подржава даље учење и избегну негативне последице које често прате овај начин процењивања.

Пошто се подразумева да би оно што се процењује и приказује оценом требало да се односи на оно што је важно научити, онда је веома битно да то не буде ограничено на нешто што може лако бити тестирано. Опсег употребљених метода би требало да буде такав да омогућује обједињавање и интерпретирање евиденције о учењу тако да су ђаци у могућности да покажу шта могу да ураде у вези с постављеним циљевима. Требало би такође имати на уму да је због разних неизбежних разлога (попут немогућности узорковања постигнућа и других недостатака начина процењивања), процењивање резултата учења увек приближно.

Пинципи примењени на наставнике и школе

Школски програми, као и претходно и професионално образовање наставника, би требало да буду конзистентни с методом подучавања и учења која подржавају остврење вишеструких циљева научног образовања.

Радећи на остварењу ових циљева, школски програми из науке би, требало да промовишу сарадњу између наставника и ангажују ширу и ужу заједницу, укључујући и научнике.

Образовање будућих и наставника који већ раде би требало да узме у обзир чињеницу да је наставницима као и ученицима неопходна нека научна активност и дискурс прилагођен њиховом нивоу. Ти курсеви би требало да им пруже прилику да реализују различите врсте научног инквјајерија, уз истовремену рефлексiju о ситуацијама у којим би наставник требало да подржи разумевања *из* и *о* науци.

Наставницима би, такође, требало да се пружи прилика да раде заједно, као и с локалном и научном заједницом. Изазови побољшања научног образовања захтевају сарадњу професора и научника. Наставници би требало да имају прилике да побољшају своје разумевање науке, на пример, кроз континуално професионално образовање у ком ће учешће узети и научници ткао што ће међусобно разменити своја искуства на конференцијама и курсевима. Инфорамције о примени науке могу бити понуђене и од стране људи ангажованих у локалној индустрији или активностима заснованим на науци а реализованих у тој средини. Охрабривањем студената науке или професионалних научника да пруже *on-line* подршку, или посете школу и раде заједно с ђацима допуњавајући њихово учење и помажући наставницима појединих предмета, омогућује научној заједници да побољша научно образовање и да истовремено научи нешто више о педагогији која се примењује у научном образовању на свим нивоима.

3 Преиспитивање великих идеја: опсег, домет и идентификација

Наука је комплексна. Како онда можемо очекивати да ђаци чак и на почетку школовања могу размести широку лепезу идеја, теорија и принципа, који се наизглед сматрају неопходним, да би се суочили с том комплексношћу? Нека од могућих решења би могла да се наслуте при слушању начин на који научници експерти успешно објашњавају обичним људима нека научна достигнућа. Они идентификују (обично само неколико) кључних идеја при објашњењу неког феномена, занемарујући истовремено досадне детаље. На пример, физичар може, помоћу две кључне идеје (другог Њутновог закона и универзалног закона гравитације) да објасни како се природни сателити и свемирски вештачки објекти крећу око Земље уз истовремену могућност прорачуна њихове потребне почетне брзину да би могли да круже око Земље или да се на њу спусте. Ми, на овај начин, не сугеришемо да се велике идеје подучавају директно, нити негирамо да грађење великих идеја подразумева обједињавање мањих идеја до који се долази учењем. Ипак, убеђени смо да повезивања искуства стеченог учењем с великим идејама може да допринесе разумевању које је потребно сваком ђаку да би дао смисао оном што опажа у свету који га окружује. Штавише, као што смо већ дискутовали, ово разумевање им може омогућити да схвате шта је укључено у одлуке, које се тичу њихове личне и добробити других, а засноване су на науци.

Остварење или неостварење потенцијалне добробити ће, у сваком случају, зависити од избора коришћених идеја. Код тог избора су битне следеће две карактеристике:

Домет- подразумева укључење научних ставова и наклоности према науци, што се у литератури често назива вештина, пракса, компетенција или способност, као и сама суштина научних идеја.

Опсег - што је шири спектар обухваћених феномена које би идеја требало да објасни, утолико се она сматра свеобухватнијом, удаљенијом од појединачних феномен и абстрактнијом.

Домет

Подразумева се да је научно образовање знатно свеобухватније од концептуалног разумевања, како је то већ поменуто у вези с принципима и њиховим циљевима (страница 6-7). Јер, поред идеја које објашњавају како функционише свет, научно образовање има и друге циљеве, укључујући развој:

- разумевања природе саме науке
- неопходне способности потребне за ангажовање у научним активностима
- способности препознавања везе науке с другим дисциплинама, попут технологије, инжењерства и математике

За разлику од опште прихваћеног мишљења да би научно образовање требало да допринеси поменутиим различитим исходима, наша одлука да се фокусирамо на велике идеје из науке и о науци проистиче из нашег убеђења да те идеје имају централну улогу у свим аспектима научног образовања. Развој разумевања је заједнички чинилац свакој научној активности. Способности научног инквизијера, или научних вештина, и научних ставова или склоности су развијене ангажовањем у активностима чији садржаји подразумевају научно разумевање, у противном би те активности тешко могли сврстати

у научне. Ми ипак наглашавамо и подупиремо понашање у вези с, на пример, обазривим ставом када је у питању интерпретација података, или оног што је потребно при планирању научног истраживања, односно активношћу која ће такође бити у вези с једном или више научних идеја, а те особине се не развијају изоловано од научног садржаја. Ова аргументација не пориче валидност установљене листе ставова и способности за рада који истовремено тежи ка њима и развија неко концептуално разумевање, него чак указује на принцип да би све научне активности требало да продубљују разумевање научних идеја упоредо с остваривањем других могућих тежњи.

Разумевање природе науке

Желимо, такође, да ученик разуме процес научне активности као и саме идеје до којих он води, односно да зна како помоћу тих идеја успева да објасни ствари и појаве у свом окружењу, а не само да их зна. Истина, врло је тешко раздвојити знање о научним активностима од знања научних идеја. Јер, без знања о начину развоја идеја, учење науке би подразумевало слепо прихватање многих идеја о природи супротних здравом разуму. Људи се у данашњем свету, кога карактерише све већа зависност од примене науке, могу осетити беспомоћним без каквог таквог разумевања начина на који би требало да процењују информацију на којој су заснована објашњења. Науку карактерише метод сакупљања, анализе и интерпретације података којим се тестира нека теорија. Приспитивање заснованости неке идеје омогућује свима нама да одбацимо тврдње засноване на лажној евиденцији и препознамо када је употребљена селективна евиденција с циљем да се подржи нека специфична активност. Ово представља кључни елемент коришћења научног знања при процени евиденције на коју се ослања доношење неке одлуке, на пример о употреби природних ресурса.

Способност ангажовања у научном инквјериу

Рад посредством научног инквјери приступа омогућује ђацима да развијају идеје о науци, и начину на који су оне развијене током научне активности. Кључна карактеристика такве активности је покушај давања одговора на питање на које ђаци не знају одговор или објашњење нечег што не разумеју. Питања могу поставити ђаци, али није реално очекивати да сваки ђак ради на питањима која сам дефинише, па се управо у томе огледа и вештина наставника да постави таква питања на такав начин да их ђаци идентификују као да су их они сами поставили. Одговор на нека питања може бити дат на основу самог истраживања, док су за нека потребне информације из других извора. Битна карактеристика, било ког од ова два случаја, је да се за тестирање идеје користе одговарајући докази, тако да ће разумевање резултата зависити од начина на који су ти докази сакупљени и интерпретирани. Према томе, вештине коришћене при вођењу научног инквјери приступа имају кључну улогу у развоју идеја, а педагогија која подржава развој великих идеја мора токође промовисати развој компетенције и поверења у инквјери приступ. Вратићемо се на овај проблем у одељку 5.

STEM контекст

Питање у вези реалције између науке, технологије, инжењерства и математике (**STEM**) проистиче из чињенице да разумевање ситуација из свакодневног живота најчешће укључују комбинацију поменуте четири области. Заиста, у свакодневном животу, много тога што називамо „науком“ је боље описано терминима технологија или инжењерство. Знатније интегрисање **STEM** у образовне програме би требало да пружи боље могућности подучавања и учења кроз праксу на радном месту и истраживачкој институцији и вероватно би имало за последицу веће ђачко интересовање и

ангажовање. Аргументација за одговарајући степен интеграције проистиче и као резултат когнитивних истраживања која указују да су у новим ситуацијама брже применљива повезана него парцелисана знања. Ипак, ма колико била мала истраживања о ефекту интегрисања науке с другим областима, она ипак указују да би на школском нивоу били контрапродуктивни покушаји таквог повезивања ако идеје у сваком предмету нису солидно научене. Уместо покушаја подучавања **STEM-а** на интегрисан начин, предност би требало дати солиднијем планирању курикулума у којим би се координисале повезане теме и предмети.

Димензија

Повезивања домена произилази и у контексту постављања питања: колико велика би требало да буде велика идеја? Обично идентификујемо велику идеју из науке као ону која се употребљава да објасни и предвиди читав спектар феномена у природи. Идеја којом нешто објашњавамо може имати различите ‘димензије’: за било коју идеју применљиву на неколико феномена обично постоји нека још већа која је применљива на знатно већи број феномена, а која пак опет може бити у оквиру неке друге још веће и исцрпније идеје. На пример, феномен да се једна супстанца раствара у другој, као што је случај са шећером у води, мала деца обично ‘објашњавају’ тако што кажу да је шећер нестао. Ова наивна идеја се убрзо прилагођава објашњењу које констатује да је шећер још увек ту у води, а затим постаје ‘већа’ давањем објашњења зашто се неке супстанце не растварају у води а неке је боје, и једино тако могу бити виђене. Затим се идеја о растварању још више повећава применом на течна и чврста тела. Ово објашњење се затим може повезати с другим феноменима које је могуће објаснити преко интеракција на молекуларном нивоу.

Процес повезивања идеја, да би се формирала већа, може да прерасте у формирање теорије у којој постоји врло мали број глобалних концепата или чак само један који објашњава све. Таква идеја би требало да буде веома апстрактна, удаљена од свакодневног искуства, и мање употребљива за објашњење неких искустава него идеје које су очигледно повезане са специфичним догађајем и феноменом. Оне не само да превазилазе границе неке дисциплине, као што то чине идеје познате као интердисциплинарне, него чак потпуно скривају границе појединих дисциплина па их је адекватније назвати трансдисциплинарним идејама. Оне укључују идеје попут система, симетрије, каузалности, форме и функције, и модела.

Наша одлука да поставимо велику идеју на интердисциплинарни ниво, испод нивоа глобалнијег трансдисциплинарног концепта, је донета као последица разматрања потреба ученика и њихових наставника. Дискусија трансдисциплинарних идеја би можда била одговарајућа евентуално за способније 18-годишњаке, а сигурно је могућа на универзитетском и вишем нивоу. Мање општије идеје, уз очигледију везу с искуством ученика у школи, су знатно погодније за оне који се неће усмерити ка научним каријерама. Научно образовање би требало да помогне сваком ученику, на том нивоу, да развије велике идеје, имајући при том на уму разлику између дефинисања циља и начина на који се тај циљ најбоље остварује. Могућа је и другачија подела по питању домета мањих идеја, али уз ризик губљења веза између мањих идеја које би омогућиле повезивање у кохерентну велику идеју.

Идентификовање великих идеја

У пракси је доста прихваћен приступ научном образовању кроз рад током кога се развијају велике идеје. Поставља се питање, после пет година од публикавања

Принципа и великих идеја научног образовања, да ли би нешто требало променити? Закључак је да их је погодно примењивати и да би те велике идеје требало да:

- дају могућност објашњења у вези с великим бројем објеката, догађаја и феномена с којим се срећу ђаци у свакодневном животу, током и после година школовања
- понуде основу за разумевање проблема, попут енергије, које је неопходно узети у обзир када се доносе одлуке које се тичу здравља, добробити и животног окружења како самог ученика тако и осталих
- подстакну осећај радости и задовољства изазваних свешћу о својој способности давања и налажења одговора на бројна питања која људи постављају о себи и природи
- посматрају и с културног аспекта – на пример промену става о хуманим условима живота – достигнућа из историје науке, инспирисаних својим активностима изучавањем природе, али и утицаја људских активности на животно окружење.

Повратна информација у вези селекције великих идеја не указује на потребу значајнијих промена, чак се може рећи да су прошле тест неформалног вршњачког преиспитивања. Истовремено, постаје потпуно јасно да је потребно још много тога урадити пре него што се овај приступ примени у учионици и образовању наставника. Већу пажњу је потребно посветити начину практичног рада с великим идејама и импликацијама које би се појавиле у вези са садржајима курикулума, педагогијом и ђачким процењивањем.

Према томе, чак и када би закључили да је потребно променити начин селекције великих идеја, постаје потпуно јасно да промена великих идеја на овом стадијуму, односно на почетку њихове употребе, не би била од помоћи. Штавише, иако идеје нису на идентичан начин представљене у недавно публикованим оквирима курикулума у разним земљама, ипак се имплицитно уочава блиска сличност, бар када су у питању циљеви. Одлучили смо да, пошто смо преиспитали коришћене критеријуме за селекцију великих идеја и могуће алтернативе, унесемо само незнатне промене у формулацији идентификованих великих идеја и потврдимо селекованих десет идеја из науке и четири идеје о науци.

У наставку дајемо кратка приказ листе идеја које би требало да зна сваки ђак на крају свог обавезног школовања. У одељку 4, идеје о науци, коришћен је углавном наративни опис начина помоћу ког се до њих долази током година школовања.

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 обајшњава и формирање неког једињења.

2 Један објекат може деловати на неки други на растојању

Сви објекти имају особину дејства на друге објекте на дистанци. У неким случајевима, тај процес се дешава посредством зрачења које се простира од извора до пријемника (тј.видљиве светлости). У другим случајевима дејство на даљину је објашњено постојањем поља које делује између објеката. То је, на пример, случај са магнетним и универзалним гравитационим пољем. Гравитација је универзала привлачна сила између свих објеката како малих тако и великих, одржава планете у орбитама око Сунца, проузрокује падање земаљских објеката ка центру Земље.

3 Промена кретања неког објекта је последица дејства неке силе на њега

Сила која делује на неки објекат није директно видљива него се детектује посредством ефеката њеног дејства на облик или кретање тог објекта. Ако се неки објекат не креће а на њега делују силе онда су оне исте величине а супротног смера, тј., уравнотежавају једна другу. Пошто гравитација делује на сваки објекат на Земљи онда увек постоји нека друга сила која јој је супротна ако неки од тих објеката мирују. Ако силе нису у равнотежи онда се објекат креће у смеру дејства резултујуће силе. Ако пак силе које делују у супротним смеровима на неки објекат, а то дејство није дуж исте линије, онда долази до његовог окретања или кривљења. Ови ефекти се користе код неких једноставних машина.

4 Укупна сума енергије у универзуму је увек иста, али енергија може да се трансформише при помени ствари или проузроковању тих промена

Многи процеси или догађаји укључују промене и захтевају енергију да се оне десе. Енергија се од једног на друго тело, или групу тела, 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, у процесу сагоревања уз помоћ кисеоника, 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 креирању климе на Земљиној површини. Загревањем испод површине, које је последица топлоте која потиче од унутрашњости Земље, долази до кретања отопљених стена. То кретање је узрок кретању плоча које формирају Земљину кору, и проузрокује земљотресе и вулканске активности. Чврста површина је подложна сталним променама које настају током процеса формирања и ерозије стена.

6 Наш соларни систем је врло мали део милона 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 објашњава оријентацијом и ротацијом Земље при њеном 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 материјале, 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. Гени одређују развитак и структуру организама. При бесполном размножавању сви гени једног потомка потичу од истог родитеља. При полном размножавању половина гена потомака потиче од једног, а друга половина од другог родитеља.

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

Сви организми који данас живе на Земљи су потомци заједничког предка, који је био једноставан 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. Не постоји јединствен научни метод за генерисање и тестирање научног објашњења, јер постоји и читав диверзитет природних феномена. Предложено објашњење, у неким случајевима, би требало да буде засновано на параметарима евидентираним у процесу посматрања или експериментисања. У другим случајевима та евиденција је заснована на корелацији откривеној систематским посматрањем неког узорка.

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 порвизорни и подложни ревизији у светлу нових података чак и када су њихова предвиђања била у сагласности са подацима у прошлости.

13 Знање створено науком је употребљено у инжењерству и технологијама с циљем да се креирају производи за добробит човечанства

Употреба научних идеја у инжењерству и технологији је имала за последицу значајне промене у многим аспектима људске активности. Напредак у технологији пружа могућност за друге научне 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 предходе 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 су често неопходни поготову када су у вези с правдом, једнакошћу, људском сигурношћу, као и утицајем на људе и животно окружење.

4 Напредак у развоју великих идеја

Развој разумевања великих идеја у науци је постепен и поступан процес који се одвија током формалног образовања и касније. Почиње од малих, локалних и у погледу контекста специфичних идеја које се формирају изучавањем специфичног феномена. Укључује индуктивно и дедуктивно мишљење. Опажена тенденција током посматрања може да подстакне постављање питања о оном што се десило, али могући одговор на то питање се изводи на основу хиптезе засноване на ранијем искуству, и често укључује стваралачки помак који повезује претходна и нова опажања. Када ученици употребљавају идеју из једног догађаја при објашњењу неког анологног догађаја онда њихове идеје постају знатно употребљивије при нуђењу објашњења које се примењује у неколико контекста. Што је мања зависност идеја од контекста то су оне све апстрактније.

Код сваког појединог ученика постоји напредак од почетних специфичних идеја, формираних током њиховог раног искуства, ка знатно свеобухватнијим идејама које објашњавају шири спектар повезаних феномена. Постоји велики број истраживања о идејама деце која показују да у тренутку њиховог уласка у школу она већ имају формиране идеје о многим аспектима света, и да многе од тих њихових идеја нису у складу с научним разумевањем. Пут ка научним идејама није исти за сваку индивидуу, јер зависи од њиховог искуства и начина на који им се може помоћи да том истом искуству дају одговарајући смисао. Опис тог напретка, тј., како се типична идеја развијала током времена, је веома важна информација при формирању курикулума и употреби процењивања код помоћи и усвајања знања. Наставницима је то од посебне важности јер могу да успоставе везу између искуства при учењу на различитим нивоима школовања, и општих циљева разумевања великих идеја.

Концепције напредовања

Како да се опише напредак од идеја, које деца доносе у школу а формирала су их у претходним годинама, ка поимању великих идеја које се појављују током похађања школе? Зависно од циљева постављених у оквиру курикулума издвајамо три различита модела напредовања ка великим идејама. Један од начина је идентификовање напретка слично процесу пењања уз мердевине. Сваки корак мора да буде компетиран пре него што следећи корак буде предузет. Величина корака је различита за различите моделе, и може да се креће од године до неколико година. Ово је нека врста атрактивне аналогije која се понекад користи као основа за креирање сета пажљиво подељених активности учења које следе једна другу у непроменљивим секвенцама, које нису неопходно у вези с разумевањем скупа великих идеја. У овом случају сврха и релевантност таквог научног искуства можда неће бити схваћена од стране ученика.

Други модел се односи једино на опис крајњег циља, који пак може бити остварен на различите начине, попут комплетирања пузли. Његов недостатак се огледа у веома слабој помоћи наставницима и креаторима курикулума при доношењу одлуке у вези препоруке одговарајућег начина учења.

Трећи модел се карактерише поделом општих циљева у неколико нивоа. У оквиру сваког нивоа се током времена постепено развија нека идеја, најчешће посредством

спиралног курикулума. Ипак, овде постоји ризик да се изгуби из вида веза између идеја на различитим нивоима, а она би управо требало да их повеже у неку већу идеју.

Нешто од сваког од ових модела је вероватно потребно, зато што начини на који деца саопштавају своје идеје и крећу се од мањих ка већим идејама варира у зависности од њене природе и искуства које води до ње. На пример, у неким случајевима деца имају различите идеје о истом феномену кога срећу у различитим контекстима. (На пример, сушење одеће објашњавају њеним излагањем сунцу и ваздуху, а нестанак флека на путу отицањем воде кроз тло.). Дакле, потребна им је помоћ у њиховом повезивању и уочавању једне научне идеје примењене на оба случаја (пузле). Често су њихове идеје засноване на ограниченом искуству („сва дрва плутају“) тако да оно мора бити проширено да би се дошло до идеје са широм применом (спирала). Дечије резоновање је, опет, очигледно ограничено јер они придају важност само доказу који потврђује њихове идеје или се сећају неке идеје, упркос супротном доказу, због недостатка алтернатива које имају смисла, а које је неопходно увести (мердевине).

Опис напредовања ка великим идејама

Наш приступ се састоји у понуди наративног описа о начину промене, како је то наведено у одељку 3, када се иде од мале ка великој идеји. Такав опис се односи на неке идеје формиране у процесу од почетне до свеобухватније апстрактније идеје која омогућује разумевање објеката, феномена и релација у природи (идеје 1-10). Нудимо и неку врсту описа о начину како се ово разумевање постиже, односно, идејама о науци (идеје 11-14).

Сваки одељак, ако је то применљиво, почињемо малом и контекстуализованом идејом коју ће деца, у предшколском или прва четири разреда основне школе, бити способна да појме и подрже кроз одговарајуће активности. Њих затим следе идеје које могу да развију ђаци у вишим разредима основне школе јер поседују способност апстрактног мишљења које им омогућује да уоче везу између догађаја или феномена. Такав тип истраживања се продубљује на почетку средњошколског образовања кроз креацију узорака и веза што омогућује ђацима да разумеју међузависности и моделе које могу употребити при давању смисла широком спектру нових и претходних искустава.

Опсег одговарајућих идеја, карактеристичан за различите нивое школовања, представљен је на левој страни сваког параграфа. Велика разноврсност начина на који су описане фазе образовања у различитим земљама приморала нас је да их означимо у функцији узраста, али уз дозвољено преклапање опсега пошто немамо намеру да идентификујемо чврсте границе између оног што одговара различитим узрастима. Важно је дозволити диверзитет путева когнитивног развоја сваког појединог ђака. Наглашавамо, ипак, да је општи правац напредовања ка употребивом објашњавачком оквиру који се заснива на темељном разумевању на сваком нивоу школовања. Развијене идеје, на сваком од тих нивоа, би требало посматрати кроз допринос овом континуалном развоју. Циљ који се поставља пред сваки ниво је остварење помераја ка великој идеји, без непотребног покушавања успостављања везе између сваке активности и давања извештачене форме идеји. Колико далеко ђаци могу отићи у овом правцу у сваком тренутку зависи од броја контекстуалних променљивих, а свакако не од њиховог педагошког искуства, што је дискутовано у Одељку 5.

1 Сви материјали у универзуму су сачињени од врло малих 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 обајшњава и формирање неког једињења.

5-7

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

7-11

Када се неке супстанце комбинују настаје нова супстанца (или супстанце) са особинама потпуно различитим од оних из којих су настале. Други се пак могу мешати без перманентних промена, па се могу поново раздвојити. Неке супстанце, на собној температури, су у чврстом стању, неке у течном стању а неке у гасовитом стању. Стање многих супстанци може бити измењено загревањем или хлађењем. Количина материјала се не мења када се чврсти топе или течни испаравају.

11-14

Ако би се супстанца могла делити у све мање и мање делове требало би да смо у стању да уочимо да је састављена из делова, честица, мањих и од оних који не могу бити виђени чак и помоћу микроскопа. Ове честице нису у супстанци, него су супстанца. Све честице одговарајуће супстанце су исте а различите од оних у некој другој супстанци. Честице нису статичне него се хаотично крећу у свим правцима. Брзина којом се оне крећу се одређује на основу температуре материјала. Разлика између супстанци у чврстом, течном и гасовитом стању може бити објашњена посредством брзине и опсега кретања честица, и јачином раздвајања и привлачења између суседних честица. Што је јача сила привлачења између честица то је потребно додати више енергије супстанци да се оне раздвоје. На пример, при преласку из чврстог у течни облик или из течног у гасовити. То је управо и разлог зашто супстанце имају различите тачке топљења и кључања.

14-17

Најмањи делић материјала се назива атом. Сви материјали, било где у универзуму, живи или неживи, су сачињени од врло великог броја ових основних 'градивних блокова' којих има око 100 различитих врста. Супстанце сачињене од само једне врсте атома су назване елементима. Атоми различитих елемената могу да се комбинују дајући врло велики број једињења. Хемијским реакцијама долази до реаранжирања атома реагујућих супстанци и настају нове супстанце, 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 тешких 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 проузрокујући појаву магнетне силе. Ефекат свега овог се огледа у првљачној сили која одржава атоме и молекуле заједно у једињењу. Када се дода или избаци неки електрон онда атом остаје са 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. Понашање материје на скали која одговара језгру, атому и молекулу је различито од оног које опажамо на скали карактеристичној за наше свакодневно искуство.

2 Објекти могу да делују на одстојању на друге објекте

Сви објекти имају особину дејства на друге објекте на дистанци. У неким случајевима, тај процес се дешава посредством зрачења које се простира од извора до пријемника (тј.видљиве светлости). У другим случајевима дејство на даљину је објашњено постојањем поља које делује између објеката. То је, на пример, случај са магнетним и универзалним гравитационим пољем. Гравитација је универзална привлачност између свих објеката како малих тако и великих, одржава планете у орбитама око Сунца, проузрокује падање земаљских објеката ка центру Земље.

Објекти могу деловати на друге објекте чак и када нису у контакту с њима. На пример, светлост се види из извора који су нам близу попут сијалице или ватре али и из 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. Звуци се чују када вибрације у ваздуху досегну до наших ушију. Други пример објеката који делују на друге објекте без додиривања је гравитациона сила која проузрокује падање тела на Земљу, силе између магнета или електричних наелектрисања.

Гравитација је универзална привлачност између свих објеката, како малих тако и великих, а постаје очигледна само када је један од објеката врло велик. Гравитациона привлачност одржава планете у орбити око Сунца, Месеца око Земље и других сателита који круже око других планета. На Земљи се она манифестује падањем свега што бива привучено ка центру Земље. Тежином неког објекта називамо ово привлачење наниже. Неки објекат привлачи Земљу исто толико колико Земља привлачи њега, пошто је маса Земље много већа ми опажамо резултујуће кретање објекта али не и кретање Земље. Деловање гравитације на неки објект на Месецу је мањи него на Земљи зато штом Месец има мању масу него Земља, па би зато и неки објекат на Месецу имао мању тежину него на Земљи, иако му је маса иста. Месец се одржава у орбити око Земље услед привлачног дејства Земље, док се привлачење Месеца на Земљу манифестује плимом и осеком.

Видљива светлост је пример радијације која се простира на начин сличан простирању таласа на површини воде. Друге врсте светлости, попут радио таласа, микроталаса, инфрацрвених, ултравиолетних, X зрака и гама зрачења, нису видљиве за човечије 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 простира као талас он 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 наелектрисаних честица. Идеја поља је вома корисна при промишљању оваквих ситуација. Поље представља област у којој се осећа деловања неког објекта, а његова јачина опада са растојањем од тог објекта. Други објект, улазећи у то поље, бива привучен или одбијен. Гравитациона, електрична и магнетна интеракција може бити описана пољем.

7-11

11-14

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

Сила која делује на неки објект није директно видљива него се детектује посредством ефеката њеног дејства на облик или кретање тог објекта. Ако се неки објект не креће а на њега делују силе онда су оне исте величине а супротног смера, тј., уравнотежавају једна другу. Пошто гравитација делује на сваки објект на Земљи онда увек постоји нека друга сила која јој је супротна ако неки од тих објеката мирују. Ако силе нису у равнотежи онда се објект креће у смеру дејства резултујуће силе. Ако пак силе које делују у супротним смеровима на неки објект, а то дејство није дуж исте линије, онда долази до његовог окретања или кривљења. Ови ефекти се користе код неких једноставних машина.

5-7

Сила може неки објекат да гурне, повуче или заврти и тиме му промени облик или кретање. Ствари мењају своје кретање само ако на њих делује нека резултујућа сила. Сила делује у одговарајућем правцу. Једнаке силе које делују у супротним смеровима али дуж исте линије поништавају једна другу и кажемо да су у равнотежи. Кретање објекта је промењено ако силе које на њега делују нису у равнотежи.

7-11

Брзина кретања објекта је мера дужине коју би он могао да пређе у неком времену. Колико брзо ће се мењати кретање неког објекта зависи од силе која на њега делује и од његове масе. Што је маса неког објекта већа, то ће спорије повећавати или смањивати своју брзину, а својство масе се описује као инерција.

11-14

Сви објекти на Земљи су под дејством гравитационе силе. На објект који мирује на површини Земље делује једна или више сила уравнотежених са силом гравитације. Књига на столу на пада јер атоми у столу делују навише на књигу силом која је једнака сили гравитације која делује наниже. Објекат који плута у некој течности или ваздуху се не креће зато што је сила која делује навише уравнотежена гравитационом силом која делује наниже. Сила која делује навише је једнака тежини количине флуида коју је истиснуо тешки објект, па он може да плута ако је његова запремина довољно велика да истисне одговарајућу тежину воде.

14-17

Када су силе које делују на неки објект неједнаке и супротног су смера, њихов резултујући ефекат ће бити промена кретања објекта тако што ће он бити убрзан или успорен. Често се не препознаје сила која делује на неки објект у покрету, на приме при котрљњу 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. 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 чврсти објекат делују силе супротног смера али не и дуж истог правца, онда је последица њихвог дејства скретање или обртно кретање тела. Ефекат скретања зависи од растојања силе од осе око које се тело окреће. Што је растојање од тачке ротације веће утолико је потребна мања сила. Ово има врло велику примену код оруђа и машина код којих деловање мале силе на великом растојању бива употребљено као деловање велике силе која делује на малом расотјању.

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. Притисак у флуиду (течност или гас) на одређену тачку зависи од тежине флуида изнад те тачке, тако притисак ваздуха на Земљу опада с повећањем висине изнад тла, а притисак у течности расте с повећањем дубине.

4

Укупна сума енергије у универзуму је увек стална, али може да се трансформише при промени ствари или, пак омогућује да се те промене и десе

Многи процеси или догађаји укључују промене и захтевају енергију да се оне десе. Енергија се од једног на друго тело, или групу тела, 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 нити уништена. Енергија добијена из фосилних горива, у процесу сагоревања уз помоћ кисеоника, није више доступна у погодном облику за употребу.

5-7

Постоје различити начини помоћу којих долази до појаве неких ствари или њихове промене. Ствари могу да промене њихово кретање гурањем или повлачењем. Загревањем такође долази до њихове промене, на пример при кувању, топлењу чврсте супстанце или претварању воде у пару. Електриците може проузроковати да сијалица засветли. Ветар може да ротира лопатике турбине код ветрењаче.

7-11

У свим овим променама, енергија се преноси од једног објекта, који се сматра енергетским извором или ресурсом, на нек други објект. Горива попут нафте, гаса, угља и дрвета позната су као енергетски ресурси. Неки енергетски ресурси су обновљиви, попут оних који се производе помоћу ветра, таласа, сунчев светлости и плиме и осеке, док се они који сагоревају фосилна горива помоћу кисеоника сматрају необновљивим.

11-14

Објекти поседују енергију било због њиховог хемијског састава (као у случају горива и батерије), њиховог кретања, њихове температуре, њихове 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 онда та стокирана енергија може да буде узрок неких промена. Неки објект 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 хелијама батерије стокирају 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, су објашњени преко размене енергије. Пренос енергије који проузрокује дешавање неких ствари скоро увек је резултат неког нежељеног губитка термалне енергије произведене загревањем атома и молекула и емитоване процесима провођења или радијације. Такав процес се не може остварити у обрнутом смеру јер термална енергија представља хаточно кретање атома и молекула, па енергија у таквом облику уопште није лака за употребу. На тај начин се непотребно губи знатна количина енергије.

14-17

Енергија не може бит створена нити уништена. Када се енергија преда од једног објекта другом онда укупна енергија у Универзуму остаје иста јер је сума коју је један објект изгубио једнака оној коју је други објект примио. Када Сунце загрева Земљу долази, до његовог постепеног губитка енергије процесом радијације. Маса атома је облик стокиране 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

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. То кретање је узрок кретању плоча које формирају Земљину кору, и проузрокује земљотресе и вулканске активности. Чврста површина је подложна сталним променама које настају током процеса формирања и ерозије стена.

5-7

Ваздух постоји свуда око Земљине површине али га је све мање и мање како се од ње удаљава (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 креирати модел који се користи при вероватном предвиђању различитих врста времена.

7-11

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. Око дветрећине површине Земље је прекривено водом у течном стању, која је неопходна за живот. Вода константно прелази из једног стања у друго посредством процеса испаравања из океана и других површина, попут тла и биљака, кондензације у облацима и падавина попут кише, снега и града.

11-14

Слојеви ваздуха на Земљиној површини су транспарентни за већи део радијације која долази са Сунца и она пролази кроз њега. 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) који не могу да прођу кроз атмосферу која их апсорбује одржавајући на тај начин топлоту на Земљи. Овај феномен је познат као ефеката стаклене баште јер је сличан начину на који се унутрашњост стаклене баште загрева Сунчевим зрачењем.

14-17

Кисеоник у атмосфери, кога 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. Температура на површини Земље је резултат деликатног баланса који може бити нарушен додавањем гасова у атмосферу. Људским активностима се производе угљендиоксид и метан који доприносе појави ефекта стаклене баште, и проузрокују глобално загревање и климатске промене

Испод чврсте коре Земље се налази топао слој који се назива омотач. Омотач је чврст када се налази под притиском а постаје течан (нзива 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 реалтивно 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 напрслине 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 на више.

6

Наш соларни систем је врло мали део једне од 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 објашњава оријентацијом и ротацијом Земље при њеном кружењу око Сунца. Соларни систем је део галаксије звезда, једне од много милиона у универзуму, огромног растојања од нас. Изгледа да многе звезде имају своје планете.

5-7

Сунце у различитим временским интервалима дана има различит изглед а Месеца мења свој облик од једне до друге ноћи.

7-11

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, је једини 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 - југу па услед тог њеног кретања изгледа да се Сунце, Месец и звезде крећу око Земље. Последица ове ротације је појава дана и ноћи у завистности од тога који део Земљине површине је окренут ближе или даље од Сунца. Земљи је потребно годину дана да би комплетирао 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.

11-14

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 милијарди километара од Сунца, односно 30 пута је даљи него што је Земља. Посматрано са Земље, друге планете се крећу у односу на позицију звезда које су на изглед на фиксираним међусобним растојању. Истраживање соларног система је могуће помоћу мисија робота, или људским посадама на мањим растојањима од Земље.

14-17

Понекада 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 њиховог загревања и усијања па се виде као 'звезде падалице'. Иначе, кретање објеката унутар соларног система је углавном регуларно и предвидиво. Исти научни закони, или уопштавање начина понашања ствари, примењених на Земљу такође су применљиви на цео универзум. Постоје докази, на основу систематских свемирских истраживања, о променама које су се десиле на површинама планета од почетка њиховог формирања. Живот није (још) откривен ван планете Земље.

Наше Сунце је једна од многих звезда које чине универзум, а углавном су састављене од водоника. Енергија коју радијацијом емитује Сунце и све звезде потиче од нуклеарних реакција које се одвијају у њиховом језгру. Наше Сунце је једна од милион звезда које заједно чине нашу галаксију познату под именом Млечни пут. Прва најближа звезда се налази на знатно већем растојању од наше најудаљеније планете, тј., Нептуна. Растојања између и унутар галаксија су тако велика да се мере у 'светлосним годинама', тј., растојањем које пређе светлост за годину дана. 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 прасак', односно пре око 13,7 милијарди година.

7 Организми имају ћелијску организацију и живе одређени временски интервал

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.

5-7

Постоји велика разноврсност живих објеката (организми), укључујући биљке и животиње. Разликују се 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. Иако неки не изгледају активни, ипак сви на неком животном стадијуму обављају животне процесе дисања, репродукције, исхране, излучивања, раста и развоја и коначно смрти.

7-11

11-14

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 ову и друге функције. Неке ћелије у мултићелијском организму не само што обављају ову и друге функције као и све остале ћелије, него обављају још 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 биолошке системе. Системи, у човечијем 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. Матичне ћелије, које нису специјализоване, су способне да обнове ткиво пошто бивају програмиране за различите функције. Ћелија најбоље функционише у одређеним условима. Једноћелијски и вишећелијски организми поседују механизме који одржавају температуру и киселост у одговарајућим границама које омогућају његово преживљавање.

14-17

Унутар ћелија се налази велики број молекула различите врсте који интерагују и обављају функције ћелије. Међусобна комуникација ћелија и координација активности, у мултићелијским организмима, се остварује преносом супстанце најближим ћелијама. Ћелијска мембрана има значајну улогу у регулисању оног што у ћелију улази и из ње излази. Активности унутар различитих типова ћелија је регулисан 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 из различитих организама могу да се развију *in situ*, тј., ван организма ако се поставе у одговарајућу средину. Ове ћелијске културе су употребили научници за истраживање ћелијских функција, примену код производње вакцина, тестирања лекова, и у *in vitro* оплодни. Биљна култура ткива је широко употребљена у ботаници, шумарству, хортикултури.

Ћелије се највећим делом програмирају на ограничен број ћелијске деобе. Болести, које могу бити проузроковане инвазијом микроорганизама, условима средине или неправилним програмирањем, најчешће доводе до нарушавања ћелијске функције. Организми умиру ако њихове ћелије нису способне за даље дељење.



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 материјале, који су неопходни за живот и репродукцију.

5-7

Живим бићима је потребна храна као извор енергије али исто тако и ваздух, вода, и извесни температурски услови. Биљке које имају хлорофил употребљавају сунчеву светлост за прављење потребне хране и депоновање оне 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 пак храниле биљкама или другим животињама. Преживљавање животиња је суштински зависно од биљака. Везе између организама могу бити претстављене као ланац исхране и мрежа исхране.

7-11

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.

11-14

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.

14-17

Људске активности, којим се контролише раст неких биљака и животиња, имају за последицу промену екосистема. Фаворизовањем одређених врста дрвета у шумарству понестаје биљна храна неким животињама, а то као последицу има редукцију диверзитета врста зависних од тих биљака и других организама у том ланцу исхране. Модерна пољопривреда подразумева редукцију биодиверзитета стварањем услова погодних за специфичне животињске и биљне врсте с циљем да се оствари снабдевање увећане хумане популације. Широка употреба пестицида с циљем очувања неке монокултуре има погубно дејство по инсекте опрашиваче од којих зависи олоплодња многих биљака. Овакве врсте хуманих активности стварају једноставне и неприродне екосистеме с ограниченим биодиверзитетом, а резултат је осиромашење пејсажа као и флоре и фауне.

9

Генетска информације се преноси са једне генерације организама на другу

Генетска информација се у ћелији налази у ДНК молекулу. Гени одређују развитак и структуру организама. При бесполном размножавању сви гени једног потомка потичу од истог родитеља. При полном размножавању половина гена потомака потиче од једног, а друга половина од другог родитеља.

5-7

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

7-11

Унутар нуклеуса ћелије животиње или биљке се налазе структуре назване хромозоми који се налазе у комплексном молекулу ДНК. Када се ћелија дели информације потребне за више ћелија су форми кода представљеног тако да су делови ДНК молекула 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.

11-14

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 сперм 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. Селекцијом и рекомбинацијом генетског материјала формираног у процесу спајања ћелија јајашца и сперме, а затим и њиховог фузионисања 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.

14-17

Безполна репродукција, која се сасвим природно одвија код великог борја 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.

Комплетна секвенца гена неког организма је позната као геном. 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, резултат је процеса еволуције

Сви организми који данас живе су потомци заједничког предка, који је био једноставан једноћелијски организам. 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.

5-7

Данас у свету постоји много различитих врста биљака и животиња, али и много оних које су једном постојале а затим нестале. Све ово сазнајемо уз помоћ фосила. Животиње и биљке су класификоване у групе и подгрупе према њиховим сличностима. На пример, унутар групе животиња познате 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 не могу укрштањем да добијају потомство које може да се репродукује. Иако су организми исте врсте врло слични ипак се могу запазити мале варијације једних у односу на друге. Један од резултата полне репродукције је да потомци нису никада потпуно исти као њихови родитељи.

7-11

11-14

Живи организи су нађени у неким окружењима зато што поседују особине које им омогућају да ту преживе. Адаптација на њихово 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, ће преживети и пренети своје адаптиране особине на њихове 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. Током времена се ове промене могу накупити до тачке када преживели организам постаје различита врста.

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 милијарди година. Једноставни једноћелијски организми су се појавили у раном период 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.

14-17

Када се десе климатске, геолошке или популационе промене онда и корист од неки специфичних наслеђених карактеристика може бити увећана или смањена. Процес адаптације који се дешава природно и врло споро убрзан је људским активностима посредством којих се селекцијом остварају размножавања оних животиња или биљака које ће имати одговарајуће специфичне функције или су најподесније за то окружење.

Људске активности могу променити окружење знатно брже него што организми могу одговорити процесом адаптације. Вода, ваздух и загађивање земљишта, као и интензивна производња могу имати далекосежне последице на животно окружење, које 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 врста 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.

Еволуција живота на Земљи је једино ограничена аспектом познатим као „космичка еволуција“. Она се односи на постепену промену физичких и хемијских услова у галаксији, попут појаве атома угљеника, која је довела до повољних услова за животну егзистенцију, бар на планети Земљи.

11

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

Наука тражи објашњење или разумевање феномена у природи. Не постоји јединствен научни метод за генерисање и тестирање научног објашњења, јер постоји и читав диверзитет природних феномена. Предложено објашњење, у неким случајевима, би требало да буде засновано на параметарима евидентираним у процесу посматрања или експериментисања. У другим случајевима та евиденција је заснована на корелацији откривеној систематским посматрањем неког узорка.

7-11

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. Пажљивим посматрањем, укључујући и мерења где је то могуће, могуће је претпоставити шта би могло да се деси. У другим случајевима је могуће урадити нешто да би се нешто променило и опазило шта се дешава. Када се ово 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.

Пожљиво 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 и да резултати буду довољно јасно представљени да би их други могли проверити.

11-14

Може постојати више различитих идеја о начину неког објашњења. У неким случајевима, 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 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.

14-17

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 узорке податак 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 одговарајућа хипотеза, која може бити употребљен да се оствари неко предвиђање, чак и када укључује аспекте који немогу бити директно опажени или промењени. Ипак, корелација не може бити уобичајено узета као закључна евиденција да промена једног фактора проузрокује промену неког другог фактора зато што би могао постојати још неки други (до тада неидентификованог) фактор који јео одговоран за проузроковање и једног и другог. 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 поршлости, попут промена 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.

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

Нека научна теорија или модел, представљени релацијама између променљивих карактеристичних за неки природни феномен, морају бити опашања доступна у датом тренутку и водити до предвиђања која могу бити тестирана. Свака теорија или модел се сматрају привременим и подложни су ревизији у оквиру нових података чак иако су имали предвиђања која су била у сагласности с подацима у прошлости.

5-7

Свако може поставити питање о стварима из природе а затим може и наћи неки одговор који ће помоћи разумевање оног што се десило.

7-11

Наука то релаизује кроз неку врсту систематског инквизирија 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.

11-14

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 некој супстанци. Други модели су теоријски, попут представљања светлости као таласног кретања, и најчешће су дати реалцијама у виду математичких формула. Модели засновани на компјутерским програмима омогућују симулацију феномена и лаку промену променљивих с циљем да се испитају одговарајући ефекти. 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 ради најбоље није дефинитивна, док у неким случајевима још увек немамо задовољавајући модел.

14-17

Модели нуде начине објашњења феномена посредством веза између делова система. Развијени су итеративним процесом у ком се пореди он што је предвиђено с оним што се налази у свету реалности. Резоновање засновано на моделу превазилази оно што можемо директно да опазимо, све док постоји евидентна веза између поређења оног што модел превиђа и оног што се може опазити.

Научно објашњење специфичних догађаја или феномена се реализје помоћу теорија или модела. Објашњења нису резултат само евиденције података него се креирају у процесу који врло често укључује интуицију, имагинацију и познате хипотезе. Научна теорија представља прихватљиво објашњење неког аспекта света који нас окружује на основу низа чињеница које су више пута потврђене посредством посматрања и експеримента, па тиме постају опште прихватљиве.

Ако нови подаци не фитују употребљене идеје онда се оне модификују или замењују алтернативним идејама. Ипак веће поверење се придаје теоријама и моделима који омогућују предвиђања у сагласности са оним што је понвљиво и потврђено евиденцијом, тј., чињеницом. Неко објашњење или теорија се никада не могу сматрати доказаним као 'тачна' зато што увек постоји могућност конфликта са неким будућим податком, или зато што је креирана нека нова теорија која такође даје задовољавајуће објашњење. Неке употребљене идеје за објашњење ствари око нас могу бити различите од оних прихваћених у прошлости, а неке пак могу бити знатно другачије у будућности.

13 Научна знања се употребљавају у инжењерству и технологијама при креацији производа

Употреба научних идеја у технологијама је довела до значајних промена у многим аспектима људских активности. Технолошки напредак пак, са своје стране, омогућује развој нових научних активности а тиме веће разумевање света природе. У неким областима људских активности технологија претходи научним идејама, док у другим научне идеје предходе технологији.

5-7

Људи су креирали технологије да би произвели ствари које су им потребне или могу бити употребљене попут хране, оруђа, одеће а понеке и за одржавање живота и начина комуникације. Свуда ако нас су примери начина на који материјали могу бити промењени тако да их човек може употребити за неке своје потребе.

7-11

Технологије су развијене употребом инжењерства, које укључује идентификацију проблема и употребу научних и других идеја при дизајнирању и развоју најбољег могућег решења. Увек постоје различити начини приступа проблему, зато је и потребно испитати различите могућности. Да би се одабрало најбоље решење неопходно је јасно разумевање ком резултату се тежи и услови реализације таквог решења. На пример, решење проблема како да видите ваше теме би требало да буде различито ако се дозвољава да вам руке буду слободне.

11-14

Дизајнирање решења неког проблема уопштем случају укључује прављење цртежа или модела. Физички, математички или компјутерски модели омогућују уочавање ефеката промена у материјалу или дизајну које би требало тестирати и побољшати решење. Оптимизирање решења укључује разматрање бројних фактора, попут цене, доступности материјала и утицаја на кориснике и окружење, што често може сузити могућност избора.

14-17

Наука, инжењерство и технологија су у међусобној тесној вези. Пимена науке у креирању нових материјала је само један од примера како су научна знања искоришћена за унапређење технологије и омогућила инжењерима велики опсег могућности при избору конструкционог дизајна. 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 пак може бити употребљена у дизајнирању и производњи ствари за људску употребу. Технолошка производња је у прошлости врло често била развијана емпиријски независно од научних идеја, док данас научно разумевање претходи или се пак истовремено развија с технологијом. Примена науке у дизајнирању и производњи нових оруђа и машина омогућила је масовно производњу и доступност широког спектра производа великом броју људи.

Неки технолошки производи могу имати колико предности толико и недостатака. Ипак употреба неких вештачких материјала има за последицу мању потражњу неких природних а ређих, многи нови материјали се слабије деградирају од природних. Они се зато сврставају у оне који су после употребе проблематична врста отпада. Такође, за производњу неки технолошки уређаји попут мобилних телефона и компјутера се користе метали из земље којих има у врломалим количинама и убрзо би могли бити исцрпљени. Ови проблеми са своје стране пак 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

Употреба научног знања у технологији 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 импакт на људе и животно окружење.

7-11

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. Ипак, потребно је и уочити да њихова производња, некада, захтева коришћење материјала којих у природи има мало или су пак штетни по животно окружење.

11-14

Примена науке, у општем случају, има и позитивних и негативних последица. Неки негативни утицаји су предвидиви, док се други идентификују искуством. Чиста вода, адекватна храна, побољшана медицинска услуга су утицале на продужење средњег животног века. Истовремено, енормно повећање популације је проузроковало веће захтеве у погледу ресурса и простора на Земљиној површини неопходног за повећану производњу хране, станова и одлагања 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 и инжењерског напретка. Побољшање удобности и брзине транспорта, посебно ваздушног, се остварују сагоревањем горива које ослобађа угљендиоксид, један од неколико гасова у атмосфери који услед ефекта стаклене баште чине планету Земљу топлијом. Чак и мало повећање концентрације ових гасова у атмосфери повећава температуру на Земљи. Незнатно, пак, повишење температуре на Земљи може изазвати низ непожељних ефеката кроз промене на поларним капама, нивоу мора и промени климе. У свим овим случајевима, посебно када су штетни ефекти познати, потребно је пажљиво размотрити равнотежу између добробити и штетности неке научне примене.

14-17

Све иновације конзумирају 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, би требало да буду засноване на разумевању укључених научних концепата и технолошких принципа, али одлуке о самој активности ће бити засноване на процени тражње и економске оправданости, а не само на научној евиденцији. Инжењери, при дизајнирању неког новог система или производа, морају узети у обзир и етички, политички и економски аспект исто колико и научни и инжењерски.

Научно разумевање може помоћи у идентификовању импликација извесних примена, али одлука о томе да ли би неку активност требало покренути или не захтева етичка и морална разматрања која не могу бити понуђена од научних знања. Веома је битна разлика између разумевања које нуди наука, на пример у вези неопходности очувања биодиверзитета, фактора који проузрокују климатске промене и негативне ефекте штетних супстанци и начина живота, и активности које могу или не могу бити предузете у вези с тим појавама. Мишљења могу да буду различита у вези типа предузете активности али аргументација заснована на научној евиденцији не би требала да буде питање мишљења.

5 Рад уз велике идеје на уму

Већ више година се понавља позив за продубљеније и координисаније активности на плану научног образовања. Одговор на ове изазове, уз идентификацију релативно малог броја идеја које би научним образовањем требало да буду прихватљиве свим ђацима, је дат публикавањем *Принципа и великих идеја научног образовања*. Повратне информације добијене – из земаља у којим је публикација била преведена и коришћена – не дају никакву индикацију да су неопходне неке мање или веће корекције у опису идентификованих идеја.

Потребно је, ипак, више искуства и дискусије о импликацијама у непосредном раду с великим идејама на уму. Овде се намеће, само по себи, питање које промене би било неопходно унети, при раду с овим идејама, у основне елементе ђачког учења: избор садржаја курикулума, педагогији и ђачком процењивању? Зато ћемо у овом одељку покушати да дамо одговор на ово питање.



Слика 1: Интеракција између основних аспеката ђачког учења

Три аспекта ђачког рада, представљена сликом 1, нису међусобно независна. Као што је и приказано стрелицама, промена у једном изазива промене у другом. Ове интеракције су важне, пошто се не сугерише фокусирање садржаја на велике идеје ако процењивање захтева меморисање мноштво чињеница, или ако педагогија не успоставља везе неопходне при формирању ових великих идеја. Некорисно је предлагати употребу подучавања

заснованог на инквјери приступу

ако је све подређено систему сумативног процењивања (било екстерним тестирањем или наставничким оцењивањем) или су садржаји курикулума пренатрпани. Нити пак можемо очекивати да ђаци развију одговорност за своје континуално учење ако подучавање не предвиђа време за размишљање и простор за креативност, или пак очекивати да имају позитиван став према науци ако им садржаји курикулума изгледају удаљени од њиховог искуства или интересовања.

Пружање могућности сваком ђаку

Могућност учења, као што смо већ поменули, се нуди кроз садржај курикулума, педагогију и процењивање. При томе је веома важно имати на уму основни принцип једнакости (страна 7), тј., да је сваком ђаку потребно пружити могућност да се припреми за живот у данашњем врло комплексном свету. Истраживање, у врло монго земаља, потврђује да сви ђаци могу да нешто науче, наравно уз опаску о постојећој разлици у постигнућима, полној припадности, културном окружењу и друштвено

економском статусу. Од бројних фактора, поменутих при објашњењу разлика у вези с учењем науке, најважнијм се сматрају могућности за учење у школи и ван ње. Школа је и даље кључни извор, када је у питању формално учење, иако постоје све веће могућности за учење ван ње. Ипак, ђаци из привилегованих породица и средина ће знатно лакше уписати школу с добром репутацијом за подучавање наука, завршити средњу школу и наставити после тога своје студије, него што ће то урадити ђаци из дефаворизованих средина.

Школе с великом бројем ђака из дефаворизованих средина најчешће посвећују пажњу надокнади њихове језичке и математичке мањкавости на уштрб осталих предмета а посебно наука. Осим тога, њихов наставнички кадар има мањкавости у погледу оспособљености и опремљеност ресурсима неопходним за подучавање наука. Ђацима из таквих школа недостаје основно искуство за развој разумевања научних идеја и њихове примене, а тиме и корисити која из тог проистиче.

Самом идентификацијом проблема сугеришу се и решења. Школама су потребни наставници, подршка, опремљеност, и руководство које ће бити оријентисано на пружање једнаких могућности за учење ђацима различитих основа. Ово може подразумевати прераспodelу људских и материјалних ресурса. Подразумева се, такође, оријентација на процењивање које ће бити употребљено као помоћ при учењу, као и да процењивачки метод не дефаворизује ђаке сиромашног речника или оне чији се језик у породици разликује од књижевног. Међутим, колико је важна усмереност употребе ђачког диверзитета као предности, у сагласности с принципом примењеним при селекцији активности (страна 8), толико се као основа при развоју научних идеја важним сматра свакодневно искуство и идеје које сви ђаци доносе у школу.

Садржај курикулума

Под садржајем курикулума подразумевамо специјалне теме или предмете које ђаци изучавају да би програмом разумели предвиђене идеје, развили вештине и ставове. Пошто постоје бројни оквири развоја идеја о, на пример, сили и кретању, ланцу исхране, или штетних особина различитих материјала, онда би требало наћи неки начин избора између могућих тема и активности. Принципи у секцији 2 имплицирају неке критеријуме за такав избор којим би требало да буде подржана: поромоција задовољство при реализацији научних садржаја; радозналост; ђачка заинтересаност јер оно што изучавају сматрају релевантним за њихов живот. Посебно је битно да тај избор подржи развој разумевања, способности и ставова ђака. Осим тога, један од главни разлог за идентификацију великих идеја је да се ђацима пружи могућност да искусе како наука омогућује разумевање света који нас оружује.

Коришћење садржаја из света окружења

Наставници обично инстинктивно препознају како да заинтересују своје ученике, а најуспешнији су им покушаји када се одлуче за избор садржаја у вези с реалним или могућим хипотетичким искуством. Учитељи мале деце су експерти да креирају причу или замисле ситуацију попут покретања неког истраживања. На пример, час посвећен прављењу модела куће од кутије за ципеле у контексту упознавања различитих материјала који се користе у реалним конструкцијама. Затим, потребно је да замисле како да им буде топло на ветровитој и хладној планини, а с циљем да тестирају штетне особине различитих тканина. За старије ђаке је могуће организовати, као комплементарну активност реалним експериментима, посету електричној централи,

станици за пречишћавање воде, центру за рециклажу, итд. Овакве посете могу да мотивишу ђаке да се заинтересују не само како ови сервиси функционишу, него и да пруже ђацима могућност да виде како је наука примењена у овим процесима.

Теме из реалног света подстичу интересовање и мотивацију. Мотивациона веза је важна, посебно у времену у ком дете има тренутни доступ бројним информацијама не само путем телевизије него и сваког тренутка посредством мобилних телефона. Догађаји и феномени у свету који нас окружује су обично толико комплексни да би их ђаци тешко могли разумети у директној интеракцији. Иако употреба контекста реалног света има многе предности – јер у њему постоје неки феномени које је потребно изучавати *in situ* управо због комплексности- она може бити такође збуњујућа. Стварни догађај бројним детаљима може да прикрије карактеристике које је потребно идентификовати да би се развила идеја која се може применити и на друге случајеве.

Ученицима је потребна помоћ при усмеравању пажње на критичне (супротне од нерелевантних) карактеристике комплексног проблема јер не би требало претпостављати да су они сами у стању да идентификују основне и применљиве релације. Да би избегли конфузију која може настати радећи само на реалним комплексним ситуацијама, обично се суштина проблема преноси у учионицу или лабораторију где идеје могу бити директније тестиране и развијене. Дакле, наука се учи у поједностављеној верзији реланости у учионици или лабораторији где је могућа контрола услова и мерење променљивих, независно од тога да ли је мотивирајући контекст прича или посета некој институцији.

Важно је да се у овом процесу не изгуби веза са стварима у окружењу. Ако се не одржава круцијална веза с реалношћу, постоји ризик да релевантне активности у учионицу буду заборављене. Зато је потребно успоставити равнотежу између богатства и когнитивне захтевности мноштва инфорамција које прате контексте реалности, и изучавања специјално одабраних аспеката који би требало да помогну успостављању веза између различитих догађаја и феномена. Веома је важна дискусија о начину на који су инквајери резултати добијени у учионици повезани с иницијалним мотивационим контекстом. Најважнији за развој већих идеја су изазови примене нове идеја на друге ситуације и успостављање веза с идејама које се користе за њихово објашњење.

Начини укључивања у неку тему или садржај

Неке теме се најбоље обрађују истраживањем и инквајери приступом, док је за друге погодније користити објашњење као код неког научног открића или дискусијом о експерименту или открићима која су тренутно у жижи интересовања. Све ово би требало да буде укључено у садржај повезан с великом идејом. Веома је важно пружити ђацима могућност да дискутују о начину промене неке идеје у историји науке и разлозима тих промена. Ширењем такве дискусије на лично ђачко истраживање помаже ђацима да препознају улогу евиденције у развоју разумевања, остваре напредак ка великим идејама о приорди науке и њених примена. Дискусија о начину на који је примена науке, на пример, довела до развоја медицине, комуникација, и путовања може да буде знатно продуктивнија. Јер, такве теме обично изазивају интересовање код ђака и представљају кључни извор мотивације за развој њихових идеја о догађајима и феноменима у свету који их окружује.

Напредак при раду с интересантним садржајима

Могуће је изучавати исте догађаје, станишта и феномене у различитим периодима школовања све дотле док начин на који се истражује садржај показује напредак у погледу развоја релевантне идеје. Ритам напредовања ће, као што је и поменуто у одељку 4, бити различити од ђака до ђака у зависности од прилика које су имали у школи и ван школе. Прецизни опис напретка, применљив на све ђаке, је зато нереалан али постоје општи трендови који пружају широки спектар могућих очекивања на различитим нивоима школовања почев од предшколског преко основног и средњошколског образовања. Ови трендови укључују:

- боље познавање неколико фактора које је потребно разматрати да би феномен био објашњен
- већу квантификацију резултата, употребом математике с циљем да се рафинирају релације и продуби разумевање
- повећану способност разматрања својстава која могу бити објашњена карактеристикама које није могуће директно опазити
- знатно екфективнију употребу физичких, интелектуалних и математичких модела.

Позивање на већу употребу квантификације резултата и модела веза наглашавају важност улоге математике при развоју научних идеја посредством инквајери приступа. Математика помаже ђацима да иду даље од описа речима. Организација података посредством графова, графичким и табеларним представљањем помаже ђацима да уче начин понашања и успоставе везе између променљивих, и да формулишу хипотезе о узроцима које би требало тестирати. Статистичком анализом података ђаци могу да извлаче закључке о вероватноћи веза и предвиђања. Изузетно је корисна координација научног и математичког образовања. Математичка оруђа помажу разумевању науке а, истовремено, употреба података из научног истраживања помаже у процени опсега и примене ових оруђа.

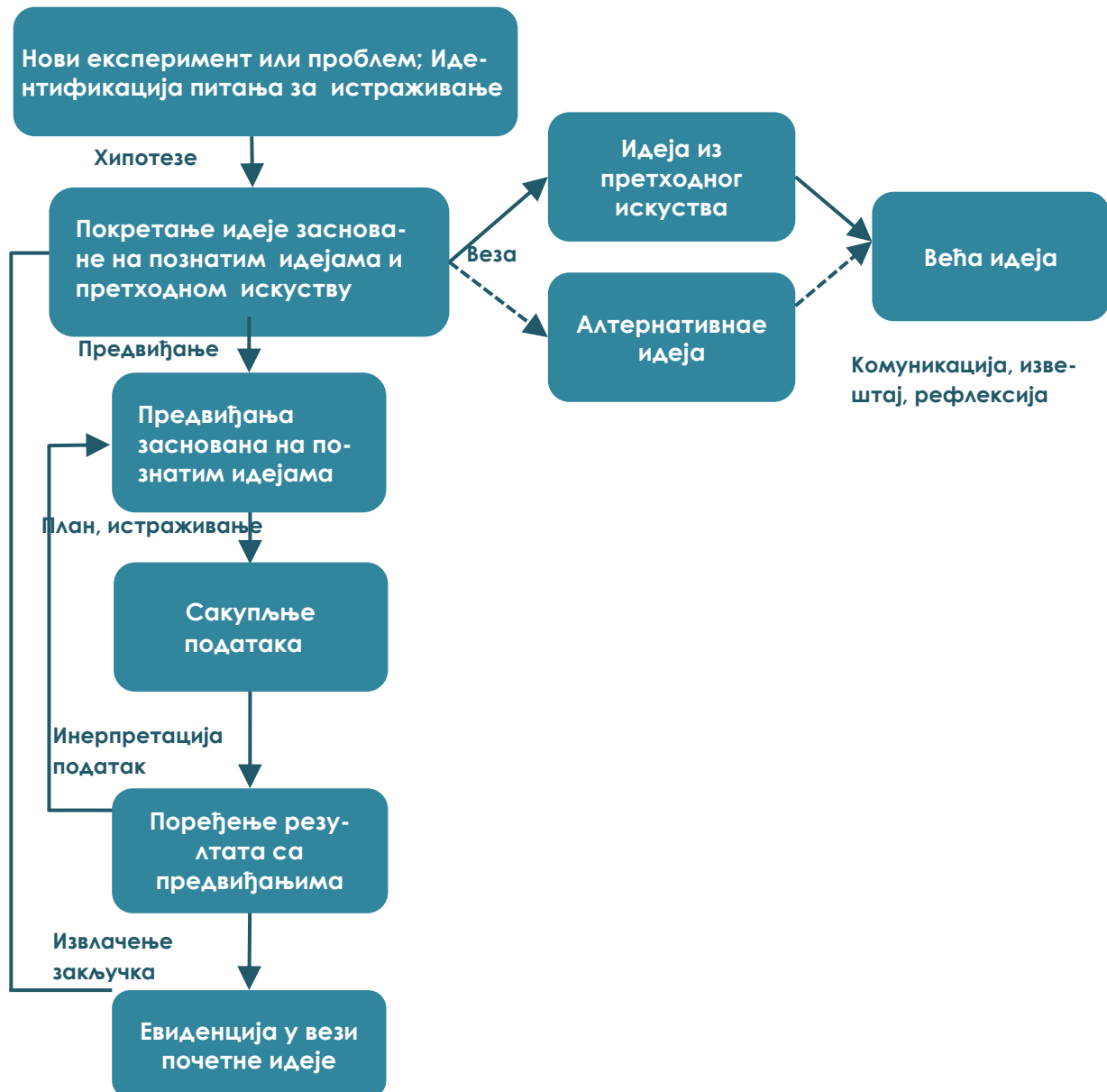
Педагогија

Ученици, при покушавању давања смисла новом искуству, било у учионици или ван ње, полазе од већ познатих идеја, исто као што то раде научници када покушавају да објасне феномен и развију своје разумевање начина понашања ствари у свету који их окружује. Разумевање природе и артефакта у науци је развијено кроз тражење одговора на питања сакупљањем података, резоновањем и преиспитивањем искуства у светлу нових чињеница и оног што је већ познато, извлачењем закључака и саопштавањем резултата. Подаци могу бити добијени директном манипулацијом, посматрањем феномена или употребом других извора попут књига, интернета, медија и људи. Интерпретација података нуди могућност тестирања идеја око којих је могуће развити дебату укључивањем других ђака и наставника у циљу проналажења оног што су експерти већ закључили. Подразумева се да су у свим овим активностима ученици узели учешће слично оном при ангажовању научника развоју разумевања. Свесном реализацијом ових активности, ђаци развијају своје идеје о науци.

Развој идеја посредством инквајери приступа

Процес развоја идеја на овај начин се сматра као врста инквајери приступа који употребљава научно истраживање и способности које користе научници да би развили

разумевање света који их окружује. Поједностављена шема на Слици 2 приказује шта је све укључено при практичној реализацији овог поступка.



Слика 2:
Модел учења инквајери приступом

Инквајери почиње с неким новим искуством које је потребно на неки начин објаснити. Анализа тог новог искуства открива карактеристике које се посматрају у светлу постојећих идеја које могу довести до могућег објашњења. Могуће је постојање неколико релевантних идеја које би могле понудити могуће објашњење (или хипотезе) које би затим требало тестирати да би се закључило која, или ниједна, нуди прихватљив одговор. У сваком случају се тестира постојање доказа који подржава предвиђања

заснована на њој. Доказ се обједињује посредством планирања и вођења истраживања које може укључити сакупљање и интерпретацију нових података, систематско посматрање или консултовање других извора. Могуће је постојање више од једног предвиђања које је потребно тестирати тако да секвенце предвиђања, планирања и интерпретације могу бити поновљене. Закључак изведен из новог података показује да ли постоји доказ који подржава могуће објашњење и идеја на којој се оно заснива. Ако постоји, онда идеја постаје ‘већа’ зато што објашњава шири спектар феномена. Чак и када то не ‘ради’ – и покушано је с алтернативном идејом – експеримент је дао допринос рафинирању те идеје. Веома је битно да ђаци прикажу и продискутују с другима цео процес активности и резоновања тако да сви имају користи од критичне дискусије и науче из оног што ради али и оног што не ради.

Развој инквајери способности

Стрелице на слици 2 означавају повезаност активности, назначене у одговарајућим оквирима, а које је потребно реализовати. Инквајери резултат ће зависити од начина вођења активности, тј., колико су била добра ђачка предвиђања, план истраживања којим се оно тестира, како су интерпретирани подаци и изведен закључак. Развој научних идеја зависи од поштовања научне ригорозности при сакупљању и интерпретације података. У супротном се може прихватити идеја коју је требало одбацити па ђачка не научна идеја и даље опстаје. Према томе, кључни део ове педагогије се састоји у захтеву за помоћ ђацима при развој разумевања и неопходних способности потребних за научно истраживање у сагласности с принципима на страни 7. Набоље је да се ово реализује у контексту инквајерија који омогућује неко разумевање у свету окружења, јер се јасно виде разлози за предузимање неких активности. Дакле, вредност инквајерија превазилази налажење одговора на неко специфично питање, јер се огледа у доприносу разумевању великих идеја примењених не само на изучавани специфични догађај или феномен него и на развој способности и спремности које пружају могућност продубљивања знања. На пример, спремност на постављање питања и тражења одговора на њих, учење у срадњи с другима и отвореност за нове идеје.

Увођење алтернативних идеја

Идеје које употребљавају ђаци при покушају објашњења догађаја нису увек – у ствари, нису најчешће - оне које ће преживети тест и тако ‘прерасти’ у знатно научнију идеју. На пример, ђаци могу да објасне да неки објект виде зато што је на њега усмерена светлост која долази из ока. Тестирање ове идеје (тј., покушавајући да виде тај објект и у мраку) показује да она не нуди адекватно објашњење. У таквим случајевима је битно да наставник понуди алтернативне идеје и помогне при њиховом тестирању.

Алтернативне идеје могу проситећи од других ђака, из информационих извора или од наставника сугерисањем аналогича или веза с искуством о којим ђак можда није размишљао. Тестирање ових алтернативних идеја које не потичу од самих ђака – даје се подршка покушајима рада с неком идејом без императива да је предложен ‘тачан одговор’, на пример, ‘шта ако ...?’ или ‘*претпоставимо да ...?*’ или ‘*шта би требало очекивати ако ... ?*’ Оваквом подршком ђаци прикупљају доказе који им омогућују да одлуче да ли та, за њих, нова идеја нуди задовољавајуће објашњење. Ако нуди, онда та нова идеја постаје ‘већа’ зато што се њоме може ојаснити више феномена него претходном и тиме она постаје део ђачког развоја разумевања.

Инквјери у контексту

Као што је напоменуто у одељку 3, подразумева се да ђаци, посредством инквјериа, развијају своја разумевања током својих сопствених истраживања питања на која нису знали одговор а желеи су да га дају. Питања могу бити покренута од самих ученика, или су пак постављена од стране наставника али на такав начин да се ђацима омогући да их идентификују као своја. Неколико истраживања у којим су ђаци подстакнути на размишљање а идентификовали су их као важна, моног су значајнија за развој велике идеје него већи број рутинских експеримената.

Инквјери неће бити једини облик педагогије с којим ће се ђаци срести у свом научном образовању. Постоје неке ствари које је потребно научити као вештину, попут употребе инструментације, имена, конвенција што се најбоље научи директним путем. У средњој школи, такође, ђацима морају да буду уведене комплексне и апстрактне идеје које им нису доступне само посредством инквјериа. Заиста, на свим нивоима ће се појавити ситуације у којим инквјери доприноси давању смисла експериментима а да при томе није једини употребљени приступ. Инквјери ће омогућити ђацима да разумеју како се помоћу неких идеје објашњава неки феномен али неће, сам по себи, представљати извор тих идеја, јер се идеје не појављују посматрањем и једноставним процесом индукције. Зато способност наставника да уведе научну идеју на одговарајућем нивоу, и подстакне њену употребу од стране ђака, представља централни део научног образовања заснованог на инквјери приступу. Дакле, подразумева се да би наставник требало добро да разуме велике идеје и пут напредка према њима.

Процењивање

Процењивање ђачког учења, у контексту формирања великих идеја, има две важна сврхе:

- да понуди повратну информацију која ће помоћи наставнику да тако регулише подучавање и ђаци да усмере своје напоре на најефективнији начин (формативно процењивање)
- да омогући праћење ђачког напредовања ка различитим циљевима научног образовања (сумативно процењивање).

Битно је нагласити да то нису две различите врсте процењивања, него две различите и подједнако важне сврхе због којих је процењивање употребљено. Употреба доказа о учењу је та која чини податке процењивања формативним или сумативним, а не тип доказа, и не само када или како су обједињене.

Формативно процењивање

Формативна употреба процењивања представља континуални циклични процес у ком информације о ђачким идејама и способностима током подучавања поспешују активно ангажовање ђака при учењу. Интегрални је део подучавања и елемент ефективне праксе у свим школском предметима. Формативно процењивање подразумева заједнички рад наставника и ђака као и употребу битних податка при доношењу одлуке о следећем кораку у учењу и начину његове реализације. Под следећим корацима се подразумева усмеравање ђака према специфичним циљевима лекције. Важним делом формативног процењивања се сматра поступак у ком наставник дефинише заједно с ученицима циљеве, тако да и они сами схвате сврху свог рада на основу оног што из њега могу научити. Ђаци раде ефикасније и успешније ако

наставник јасно каже шта од њих очекује на основу процене њиховог досадашњег рада. Истовремено се наставнику пружа могућност да на основу реализације тих краткорочних циљева лекције усмери ђаке ка доугорочним циљевима, укључујући разумевање великих идеја.

Повратна информација има кључну улогу, како за наставнике тако и за ђаке, јер помаже даље учење на основу података о тренутном учењу. Повратна информација од наставника ка ђацима би требало да ђацима да информације које ће искористити за успешније учење. Истраживања, у вези садржаја и форме повратне информације ка ђацима, показују да су знатно ефективнији специфични коментари а начину како наставити рад него критични коментари, или оцене јер се тиме само просуђује колико је добар или не њихов рад. Повратне информације представљају механизам који наставнику, током подучавању, омогућује да употреби запажања о ђацима и њиховом раду, с циљем да свој ради прилагоди успешнијем превлађавању потешкоћа с којим се суочавају ђаци. Просуђивање о ђачким способностима омогућује му да предузме неке кораке у циљу олакшавајућег начина подучавања. На пример, захтеве у вези активности дефинише тако да нити су сувише велики, јер би њихова успешна реализација у том случају била недостижна, нити су пак сувише мали јер се у том случају поставља питање сврхе реализација таквих активности.

Поставља се питање, како наставник да употреби формативно процењивање у циљу развоја великих идеја? Податке о ђачким идејама може да искористи тако да формулација питања буде таква да охрабрује ђаке да објасне своја размишљања радије него нека квиз питања на која они очекују да дају 'тачан одговор' (односно, питања типа 'шта *ти* мислиш да ...?' радије него 'шта је...?'). Одговори на таква питања, постављена током активности, могу бити у усменој или писаној форми, цртежу, концептуалним шемама, итд. Интерпретација налаза у вези напредка ка постављеним циљевима учења омогућује наставнику да донесе одлуку о наредним корацима, и нуди повратну информацију ђацима о томе како радити даље. Укључивање у овај процес помаже ђацима да разумеју циљеве свог рада и стандарде којим теже, уз истовремено размишљање и одговорност за своје учење.

Сумативно процењивање

Друга сврха процењивања коју је потребно разматрати је извештај о оцени резултата учења за неки период времена. Она се односи на постигнуће за одређени временски интервал, али не и за детаљне циљеве лекције који су предмет формативног процењивања. Сумативно процењивање је нека форам извештај којим се о ђачком учењу информишу родитељи, други наставници и сами ученици о својим постигнућима у вези постављених циљева и стандарда. Школе га употребљавају као извештај и праћење индивидуалног и групног напредка. Сумативно процењивање, када је добро урађено, нуди примере и операционе дефиниције шта се подразумева под разумевањем идеје, и како је то разумевање откривено посредством примене различитих начина учења. Примењени критеријум у просуђивању постигнућа приказује јасно, стандарде и очекивања, ђацима, наставницима и осталима. Сумативно процењивање би такође требало помогне учење, и та помоћ је адекватнија од формативног процењивања на дужи него на краћи период.

Сумативно процењивање је тесно повезано са садржајем курикулума и педагогијом, па кад није добро урађено његова улога постаје рестриктивна. Негативни импакт се појављује када се оруђа процењивања неадекватно рефлектују на постављене циљеве – на пример, тестирање познавања чињеница кад је циљ био развој способности примене

идеја. Импакт је још неповољнији при неодговарајућој употреби ђачких исхода (**outcomes**), обично у форми резултата теста, при рангирању наставника и школа. Оваква употреба је нека врста притиска на наставнике да ‘подучавају за тест’ и одбојна према покушајима да се садржај курикулума фокусира на велике идеје јер оне нису укључене у тестирање. У интересу правичности, захтева се да мерања базирна на тесту буду што поузданија. Међутим, висока поузданост повлачи неопходност сужавања оног што би требало проценити и компромис по питању валидности. Подаци неких истраживања показују да кад тестирање постане доминант критеријум успешности у одељењу, онда сумативно процењивање потискује формативно.

Побољшање метода суматвног процењивања

Сумативно процењивање би могло да има корисну улогу при развој великих идеја ако би се проширило и прилагодило так да даје и валидни податак о разумевању. Неки напори су већ учињени у циљу креирања метода процењивања који би био боље усклађен с циљевима научног образовања заснованог на инквјери приступу. Међутим, потребно је урадити знатно више да би сумативно процењивање ученика било конзистентно с процесом самог учења и педагогије која промовише велике идеје. Елементи PISA теста за науку су проширени колико то дозвољава писана форма теста али истовремено осветљава његову ограничености на индивидуалну процену ђака. У неколико земаља су, при полагању пријемног испита за улаз на факултет, коришћени су методи који нису засновани на писаној форми тестирања, било сами или у комбинацији с писаним одговорима. На пример: оцена ђачких радова, употреба практичног процењивања, пројекти, представљање и интервјуи. Повећана употреба питања и задатака која се аутоматски обрађују **посредством екрана** (као што је то сад развијено за PISA) има велики потенцијал за процену примене идеја.

Нека од ових приступа захтевају већу укљученост наставника и наставничког просуђивања него што је то случај традиционалним екстерним испитивањима. Да би ови приступи суматвном процењивању били веродостојни, потребно је направити кораке у правцу редукције предрасуда и грешака које прате наставничко оцењивање. Постоји неколико ефикасних начина за побољшање веродостојности наставничког просуђивања до потребног нивоа поузданости суматвног процењивања. Као најпогоднији се сматрају: групна модерација, употреба примера процењених радова, употреба референтног теста као провере. Групна медијација, у којој наставници имају могућност да погледају типичне ђачке радове, је врло корисна, не само у побољшању веродостојности резултата него и као форма професионалног усавршавања. Искутво омогућује наставницима да продубе своја разумевања употребљених критерија и процеса процењивања, уз побољшање наставничког формативног процењивања. Вођење процењивања на овај начин истовремено значи да подаци из формативног процењивања, током реализације рада, могу да допринесу суматвном процењивању, успостављајући хармонију уместо конфликта између ова два начина процењивања.

Стратегије суматвног процењивања и оруђа је потребно усагласити са садржајем и педагогијом применљивом за развој великих идеја. Међутим само то није довољно, јер у многим земљама боље процењивање захтева промене у става у вези начина квалитетног подучавања и оног што је у школи доступно за евалуацију школског учења. Имајући на уму савремене циљеве образовања и одговарајућа евалуациона оруђа, логично би било да се употреба ђачког теста као јединог мерила квалитета подучавања и школске ефективности, без разматрања утицаја средине из које ђаци долазе, замени неким валиднијим методама. Јер без те промене, чак и знатно валидније процедуре процењивања бивају дестабилизоване под притиском захтева који намеће сужена

интерпретација критеријума и претерано посвећивање пажње садржајима који би могли бити тестирани.

Резиме и импликације

У резимеу се враћамо на питање како ће рад ка великим идејама утицати на начин учења ђака, садржај курикулума, педагогију и процењивање. Чак и када се у подучавању користи инквјери приступ и формативном процењивање, ипак постоји још нешто што би требало додати да би ђаци имали користи од постепеног развоја разумевања великих идеја које смо идентификовали. Обједињавањем битних карактеристика претходне дискусије могуће је указати на следеће кључне карактеристике рада уз велике идеје на уму.

Садржај

- Наставници су у могућности да објасне како су циљеви појединих тема и активности повезани са скупом великих идеја и тиме оправдају време утрошено на те активности.
- Развоју веће идеје наставници свесну приступају сукцесивним апстрактним корацима.
- Ђаци раде на одабраним темама зато што имају, према мишљењу наставника и било ког посматрача, јасну везу према једној или више великих идеја.
- Дискусија о сопственим и истраживањима других ученика, као и самих научника, пружа могућност ученицима да разумеју како је доказ употребљен за развој идеје.
- Ђаци се посредством својих активности оспособљавају да развију разумевање на одређеној тачки напредовања ка великој идеји.

Педагогија

- Наставници помажу ђацима да развију способности и ставове потребне за обједињавање релевантних доказа при тестирању идеја и одговора на питање посредством инквјери приступа.
- Ђаци имају могућност да посматрају, а где је то могуће и истраже, догађаје и феномене директно.
- Ђаци имају могућности да поставе питања и нађу одговоре посредством инквјерија, и да размисле како рад на овај начин води ка већој и знанто употребљивијој идеји.
- Наставници помажу ђацима да схвате како су идеје, настале током њихових инквјери активности у учионици, повезане са стварима из свакодневног живота, препознају везу између претходног и новог искуства, и између нове и претходних идеја.
- Ђаци имају времена да размисле о својим истраживањима и начину на који њихове идеје могу бити промењене као резултат обједињавања и употребе доказа.
- Наставници помажу ђацима да препознају да би захтеви у вези узрока феномена требало да буду поткрепљени кредибилним доказом и да научно знање није ствар мишљења, иако може бити побољшано у светлу нових доказа.

Процењивање

- Наставници користе формативно процењивање за унапређивање активног учешћа ученика током учења уз уверење да ђаци разумеју циљеве свог рада и начин процене његовог квалитета.
- Наставници користе запажања током учења да би помогли ђацима при даљем учењу, дајући повратну информацију о начину побољшања њиховг рада, и предузимања следећих корака у правцу већих идеја.
- Наставници користе доказе о јачком напредовању да би прилагодили ниво захтева и ритма рада, тако да остваре учење с разумевањем и напредком на плану идеја.
- Методе сумативног процењивања омогућују ђацима да покажу своје разумевање идеја користећи их при објашњењу догађај али и феномена у свом окружњу.

6 Имплементација великих идеја

Имплементација било какве промене у образовању је у тесној вези с бројним политичким и практичним аспектима. Разматраћемо овде три аспекта који посебно утичу на имплементације рада с великим идејама на уму:

- форма и садржај националних или државних курикулума, који имају утицај на доношење одлука о садржају, педагогији и процењивању
- кључна улога наставничког знања садржаја и педагогије је незаобилазна и веома важна при дефинисању ситуација које омогућују успешно учење ђака
- формативна евлауација подучавања и ђачког рад у учионици, јер су корисне при доношењу одлуке о начину побољшања праксе и успешнијег коришћења ресурса намењених професионалном усавршавању.

Велике идеје у документима националних курикулума

Улога националног курикулума је да постави циљеве учења и принципе који би требало да воде њихову имплементацију али не и да предлаже активности, јер је то улога јединица или модула којим се реализује подучавање. Општа тежња да се помогне свим ђацима при развоју великих идеја има импликације на форму постављања циљева. Иако оквири курикулума спецификују друге исходе учења, попут вештина научног инквјерира, за нас је овде најбитније с каквим научним идејама су они изражени. Они морају бити тако исказани да их може свако разумети – а не само наставници, истраживачи образовања и научници, родитељи и сви они које образовање ђака дотиче. Опис наредовања ка великим идејама, као што је приказано у одељку 4, можда и са више детаља и примера, на јасан начи исказују да је главни циљ разумевање релација, а не серије чињеница, или колекције ‘малих идеја’. Документи курикулума би требало да јасно укажу да је процес развоја разумевања постепен и континуалан. Наставници, родитељи и други би требало да буду способни да идентификују ток и напредак ка великим идејама, односно да буду способни да уоче на који начин специфичне активности доприносе том напредку.

Исказивање великих идеја из науке

У појединим националним курикулумима већ постоје смернице уопштених циљева у форми великих идеја које су, иако не потпуно исте као 10 великих идеја које смо у овом документу навели, довољно сличне да могу да послуже у исту сврху. На пример, смерница наведена у К-9 курикулуму у Француској укључује знање да је:

Универзум чине структурирани објекти чије се димензије крећу у распону од оних највећих (галаксије, звезде, планете) до најмањих (честице, атоми и молекули.

Међутим, веома је битно како су ти општи циљеви раздвојени у специфичне, карактеристичне за одређени ниво или годину школовања, а све у сврху очувања потребног континуитет и постепеног напредка при развоју великих идеја. Велика идеја би требало да се развија у лонгитудиналном смеру посредством описа свеопштих циљева на свим нивоима. Да би се схватио појам напредовања у разумевању није довољно само навести шта је потребно научити у вези неке теме или концепта

исказаног речју попут ‘сила’, ‘електрицитет’ или ‘магтеријал’. Искази би требало да наговештавају ниво разумевања или релација и веза намењених одређеном нивоу.

Већина курикулума, као и формулације концепата које је потребно научити, даје листу вештина научног инквјајериа, или праксе, које је потребно развити на различитим нивоима. Уобичајено је да се ова два типа исхода дају одвојеним листама, али у неким недавно развијеним оквирима курикулума се исказују циљеви на крају неког нивоа, или године, као комбинација вештина и концепата. На пример, у Шкотском курикулуму се дају циљеви учења у форми исказа ‘Ја могу ...’, као да су извучен из исхода повезанх с великим идејама о биодиверзитету и међузависности предвиђених за крај четврте године:

Могу да помогнем дизајнирање експеримента који би ми омогућио да нађем шта је потребно биљкама да би се развијале и расле. Могу да опазим и забележим моје налазе и изворе из којих сам научио како да одгајим здраву биљку у школи.

Оквир за К-12 научно образовање у САД исказује циљеве преко оног ‘шта ђак који показује разумевање може да уради’ посредством низа исказа који комбинују практичне и опште концепте, као на пример:

Истражи силе између два или више магнета и прикажи то моделом. Употреби тај модел за објашњење ефекта равнотеже и неравнотеже сила које длеују на неки систем.

Форма ових тврђења наговештава да је разумевање идеја развијено кроз инквјајери и истраживање, а истовремено су инквјајери способности развијене и употребљене у вез с научним садржајем. Међутим, иако је јасно да није намера да се ограничи само на комбинацију способности и садржаја, ипак постоји нека произвољност у спецификацији исказа јер не указује експлицитно на које способности и садржај се позива. Осим тога, комплексност исказа може да прикрије релације између идеја на сваком нивоу с глобалном великом идејом.

Ниво детаља

Национални курикулуми варирају по начину спецификације исхода и искуства у учењу. У неким случајевима је наведено шта би требало бити научено у свакој години а у другим само стеченим искуством током, и постигнућима на крају, периода дужег од две или три године. Детаљан курикулум своди научне активности на рутину, тежећи да ‘кроз дати наставни план’ остваре захтевано радије него да проведу време покушавајући да продубе разумевање. Свише детаља лимитира потенцијал који би наставник требало да посвети оном што интересује ђаке. Осим тога, детаљнија спецификација отежава доношење одлука о егзактним секвенцама, и повећава ризик да се детаљима прикрије суштина општих циљевљ, тј., развоја великих идеја и способности начног инквјајериа. Искази о специфичним идејама и способностима које би ђак требало да развије у одговарајућем тренутку, требало би да буду потврђене напредовањем ка општим циљевима. Ово је посебно важно при прелазу из једне фазе образовања у другу, на пример из основне у средњу школу. Када ова структура није јасно приказан, онда садржаји курикулума имају изглед произвољне селекције оног што би требало бити научено, а засновано је на традицији или лакшем начину процењивања.

Укључивање идеја о науци

Идеје о науци немају исти значај и простор у свим курикулумима. Тамо где се идеје 11 и 12, о природи науке, уопште не разматрају, обично се претпоставља да су развијене реализовањем научног истраживања посредством инвајерија. Односно, током развоја научних способности ученику се пружа могућност да размишља и о начину формирања научног разумевања кроз такве активности. Ипак, без јасног позивања на њих у оквиру курикулума, као што је случај у циљевима у вези 'научног рада' у курикулумима Енглеске, врло лако се види как се та могућност може изоставити у плановима школског програма.

У случају великих идеја 13 и 14, које се односе на везу између науке и других STEM предмета и примене науке, присутни су различити приступи њиховог укључивања. У неким случајевима је то остварено посредством додатних позивања на неку референцу, уобичајено је позивање на однос науке и математике. Ипак, при планирању програма та веза се радије сврстава у опционе активности које воде поједини наставници или у оквиру групе предмета, него мултидисциплинарни тимови чији чланови дају допринос у оквиру своје уже специјалности а заједнички креирају неке координисане активности. Други приступи се позивају на примену науке при опису општих циљева, као на пример, дискусија о моралним и етичким питањима у вези технолошког развоја у вези са ДНК. Трећи, и можда најнефективнији начин, је успостављање везе између предмета као интегралног дела оквира курикулума. На пример, *оквир K-12 научног образовања (Framework for K-12 Science Education)*, где су инжењерство и примена науке идентификовани на исти начин као физика и биологија. Ипак, и поред различитих покушаја наглашавања важности разумевања везе између науке и других области, посебно технологије, инжењерства и математике, то још није и релано остварено.

Разумевање великих идеја од стране наставника

Дискусија садржај курикулума, педагогије и процењивања дата у одељку 5 указује да се од наставника захтева да ђачко учење воде тако да не буде низ неповезаних чињеница, него да се ђацима омогући да га постепено уграде у кохерентну целину. Ова констатација се рефлектује на наставнике у основној и средњој школи, њихове едукаторе и истраживаче.

Наставници у основној школи се суочавају са специјалним изазовима у вези великих идеја у науци. Прво, активности деце су обично усмерене на упознавање њиховог локалног окружења и живог и неживог света у њему. Ова истраживања и посматрања воде до 'малих' идеја чије повезивање у велике научне идеје може бити неуверљиво. Зато је на овом нивоу веома тешко имати на уму везе ка великим идејама. Друго, у многим случајевима научно образовање наставника је такво да им није омогућено поимање великих идеја на неком нивоу, а имали су мало прилика да разумеју како да делове информација које поседују могу да повежу и обједине. Према томе, они су врло често слабо припремљени да уоче везу између активности у учионици и знатно шире применљивих идеја па тиме и нису у могућности да помогну ђацима при развоју великих идеја. Додатна потешкоћа је и несигурност коју манифестују при подучавању наука јер имају мало личног искуства у научним активностима и разумевању које из њих проистиче.

С друге стране, наставници у нижим разредима основне школе имају неких предности. Према опису посла и свом општем образовању успостављају знатно тесније везе са својим ђацима него наставници појединих предмета у вишим разредима основне школе.

Такође, свесни чињенице да нису експерти, они обично пажљивије припремају *hands-on* активности из науке и пружају могућност ученицима да се с радошћу у њих укључе, омогућујући им на тај начин да имају позитиван однос према науци. Претежно усмеравање на непосредни ђачки 'рад' има за последицу недостатак времена за дискусију и размишљање као неопходне елементе активности који воде ка разумевању.

У вишим разредима основне школе везе између активности током учења и великих идеја су знатно очигледније него у нижим разредима. Међутим наставници на овом нивоу имају проблема с инквизицијом у контексту преобимног курикулума, а понекад и услед ограничених знања у појединим научним доменима. Јер, биолози, на пример, тешко могу да предају физику, па би због недостатка научног искуства у тој области тешко могли да реализују подучавање о великим идејама о науци. Подучавање које укључује све научне области је изазов за свакога појединачно. Чак би и тренирани научници и наставници требало да имају могућност за континуално учење да би одговорили овим изазовима, који ће увек бити присутни.

Професионални развој

Идеално би било када би сваки наставник поседовао разумевање великих идеја из науке и о науци. Недостатак овог елемента је обично резултат његовог школског научног образовања, што се опет појављује као веома велики проблем током студија и континуалног професионалног образовања. Целокупно научно образовање, сасвим сигурно, није могуће кондензовати у неки ограничени временски интервал током студија. Међутим, наставници и тренери су интелигентне особе. Они имају богато релевантно искуство и знање знатно шире него што су и сами некада тога свесни. Самим тим и није потребно наглашавати да, приступ ангажовања у раду с великим идејама, на овако широко дескриптиван начин, може да им помогне да дају смисао свом искуству, али тај начин није одговарајући за ђаке у школи. Овим им се пружа могућност да обједине фрагменте знања кога се подсећају и, заиста, осете задовољство при давању смисла стварима које су раније изгледале неразумљиво.

'Ангажовање' је, у овом случају, знатно шире од обичног читања и дискусије наративног описа великих идеја, попут оног у одељку 4. Требало би да се има у виду уобичајено мишљење да се процес учење одвија и у интеракцији између ученика, било да су у питању одрасли или ђаци. Дискусија с другима, о идејама приказаним наративно, омогућује наставницима да на основу свог и искуства других дају смисао изведеној 'причи'. Неко индивидуално разумевање је подстакнуто ставовима других као део сталне интеракције између сваког појединца и групе. Конструкција идеја, реализована на овај начин, вероватно неће довести до потпуног разумевања великих идеја, али ће вероватно покренути процес дубљег разумевања, чиме ће се и наставницима пружити могућност да помогну ђацима у свом напредовању.

Такво искуство би требало да се оствари ангажовањем наставника у учењу наука посредством инквизиције, на њиховом нивоу, с намером да се развије разумевање природе научног инквизиције учешћем у њему. Дакле, наставницима и тренерима су потребни време и прилика да поставе питање и истраже нешто једноставно из свог свакодневног живота (попут: зашто су папирни салвети направљени од више слојева; зашто лед плива; зашто суд с пићем постаје мокар кад се извади из замрзивача). Наставници нису у оваквом типу активности позвани да играју кључну улогу, него би требало да постану истраживачи ових општих феномена. Требало би да размисле шта су разумели на почетку, потом шта су пронашли, и како их то може водити спознавању начина на који се креира научно знање. Оваквим начином рада се наставници

припремају да помогну ђацима у разумевању, пре свега, идеја о науци (посебно идеја 11 и 12) али и идеја из науке.

Важност оваквих експеримената на семинарима за наставника је веома битна не само због континуалне подршке развоју разумевању науке него и ефективне педагогије у облику који им је доступан кроз свакодневне активности. Интернет ту може да одигра кључну улогу као извор информација пре свега из електронских публикација дизајнираних као помоћ потребама наставника. Осим тога, лично разумевање науке и начина подучавања специфичних концепата може бити остварено, на пример, директним контактом с искусним наставницима и научницима. Доказано је да наставници врло ефектно уче од других наставника, својих колега. Јер је доступност проверене праксе других веома важан део из мноштва интерагујућих аспеката укључених у имплементацију промена које се захтеају да би се развијале активности које воде ка великим идејама посредством инквјери подучавања.

Анализа потреба професионалног усавршавања наставника, и знања како их снабдети у специфичним ситуацијама, су сигурно области које захтевају више истраживања. У следећем одељку су, ипак, понуђене нека прелиминарне размишљања о начину идентификвања аспеката праксе потребне наставницима при подучавању за велике идеје.

Формативна евалуација подучавања за велике идеје

Користимо термин евалуација јер је у жижи интресовања подучавање, а не процењивање ђачког учења. Намера је да се сакупе и употребе подаци који ће побољшати подучавање које ће омогућити ђацима да развију своје разумевање великих идеја. Нисмо заинтересовани за целокупни спектар карактеристика ефективне праксе у научном образовању, него само за његове кључне елементе, иако и они сами укључују многе елементе учења заснованог на инквјери приступу, јер представљају већи део дубљег развоја разумевања.

Индикатори ђачког рада ка великим идејама

Формативна евалуација, у овом контексту, подразумева сакупљање и употребу података о релевантним аспектима подучавања којим би било могуће идентификовати када пракса потврђује предвиђена очекивања, а где би требало захтевати одговарајућа побољшања. Она дакле има сличну сврху као и код формативног процењивања ђачког учења. Док се само учење процењује у односу на циљеве активности, дотле се евалуација подучавања остварује у односу на индикаторе, или стандарде, ефективне праксе у самој учиници. Први корак у евалуацији, према томе, подразумева утврђивање таквих индикатора. Они могу бити исказани преко ђачких активности и начина рада којим би се помогло њихово разумевање великих идеја. На пример, индикатори добре праксе би требало да пруже ученицима прилику за:

- разумевање сврхе својих активности
- неформално истраживање нових објеката или феномена и ‘рад с великим идејама’ као нечим прелиминарним у односу на знатно структурираније истраживање
- успостављање везе између новог и претходног искуства
- заједнички рад с другима, комуникацију својих идеја и разматрање идеја других

- представљање доказа у циљу подршке својој аргументацији
- ангажовање у дискусији у којој доминирају различите идеје и објашњења од њихових
- примену својих учења у контексту реалног живота
- самокритику у вези процеса и постигнућа свог инквјајерија.

Ипак, све ове прилике које би требало да се пруже ђацима зависе од наставничког планирања и начина на који је овај план спрведен током активности. Према томе, употреба индикатора који су у вези с подучавањем би требало више да послужи као директна помоћ потребна наставник у одговарајућој ситуацији. Сет описаних индикатора иде у прилог схватању дуалности праксе, тј., усмеравању на прикупљање података и деловања које се може сматрати као критеријум при расуђивању да ли је или не подучавање остварило очекиване стандарде.

Индикатори подучавања ка великим идејама

Следеће сугестије би могле да буду илустрација индикатора и процеса евалуације у вези с подучавањем које настоји да развије велике идеје. Индикатори употребљени у пракси би требало да проистекну из дискусије између наставника при опису подучавања које тежи таквом циљу. Ова дискусија има формативну функцију, помаже наставницима да развију своја разумевања у вези оног што је укључено као и да осигура комплетну отвореност евалуације, тако да сваки од њих зна разлоге за сакупљање и употребу оног што се сматра доказом. Наставнику је важно да буде упознат с основама евалуације ако добровољно пристаје да прикаже своју пракси.

Веома је корисно исказати индикаторе у форми питања. На пример, да ли наставник:

- има јасну идеју како да помогне ђачке активности усмерене ка разумевању једне или више великих идеја?
- даје ђацима времена за упознавање нове ситуације и дискусију њихових полазних идеја на неструктуриран начин?
- помаже ђацима да препознају везе између новог и претходног искуства и идеја?
- дискутује с ђацима о начину појављивања идеја из њиховг инквјајерија који је у вези с искуством из свакодневног живота?
- свесно гради веће идеје приказујући како специфичном идејом може да објасни опсег догађаја или феномена?
- дискутује с ђацима како им сакупљање и употреба података омогућују да тестирају идеје на начин сличан оном који користе научници?
- помаже ђацима да размисле о својим истраживањима и формирају идеје о природи научне активности?
- охрабрује ђаке да уче из свог искуства о неуспешним идејама или конструкцијама а не да то сматрају својим неуспехом?
- користи прилику да дискутује о начину употребе научних идеја у научном истраживању или модерном инжењерству о којим се говори у средствима информисања?
- користи примере из историје,прилагођавајући се узрасту ђака, да би показао како су се научне идеје мењале и разлоге за ту промену?

Обједињавање података за евалуацију подучавања

Сматра се да индикатори наговештавају употребиве изворе информација за евалуацију. При том се мисли на: наставников план рада; наставникове белешке о ђачком напредовању; ђачке свеске; разговор с ђацима; и, ако је то могуће, запажња о подучавању. Корисно је имати некога- ментора, едукатора наставника или неког другог наставника- ко би посматрао подучавање. Наставници могу, међусобним посматрањем реализације одговарајућег часа, да сарађују у прикупљању информација у вези с индикаторима. Међутим, чак и када нису у могућности да добију помоћ неког посматрача, наставници могу још увек да добије корисне информације преиспитивањем својих планова, забелешки и запажања (коришћењем и видео снимка својих активности) и да из разговор с ђацима закључе шта они мисле о њиховом раду. Наставници, који немају могућност присуства посматрача у учионици, би требало да, бар у почетку, самовлауирају свој рад.

Ђачке свеске, доступне наставницима или посматрачима, представљају важан извор информација о ђачким активностима, јер нуде белешке о томе шта се и како користило при и током учења науке. Анализа ђачких свески може да понуди доказе о ђачкој комуникацији, њиховом концептуалном и процедуралном разумевању али и квалитету повратне информације од наставника ка ђацима.

Интерпретација евалуационих података

Наставник, наравно, неће бити у стању да за сваку лекцију или секвенцу активности понуди све врсте индикатора наведених у горњој листи. Ипак, ако у неком периоду времена, нема никаквих података о неким индикаторима, неопходно је поставити питање ‘зашто их нема?’ да ли је евалуација испунила формативне циљеве. Разлози могу указати на потребу помоћи у неким областима разумевања садржаја или педагогије. Евалуација ове врсте је посебно важна код дела професионалног усавршавања које има за циљ увођење фундаменталне промене у начину подучавања, попут инквјери приступа или рада с великим идејама. Није увек потребно позивање на цео опсег листе индикатора, али се може користити понуђена повратна информација у вези специјалних аспеката праксе коју наставник покушава да промени. Неопходно је да наставник остане у контролном процесу који би требало да буде део професионалног усавршавања, а да се то не сматра као оцена квалитета његовог рада.

Закључни коментар

Имплементација било какве промене у образовању или друге области активности зависи од неколико фактора: препознавање потребе за променом; веровање да ће предложене промене дати жељене ефекте; и прихватање консеквенци за многе међусобно зависне факоре који одређују образовну праксу.

Разлози промене у научном образовању су евидентни и на основу извештаја о ђачкој негативној перцепцији његове вредности, и њихове незаинтересованости. Међу одговорне факторе који доприносе оваквом стању убрајају се и преобимни и сувише детаљни курикулуми, процењивање које се претежно обавља тестовима који охрабрују подучавање неповезаних чињеница, и приклањање методама подучавања које су супротстављене променама усмереним ка педагогији заснованој на инквјери приступу. Научно образовање није, као резултат оваквих ставова, у многим земљама света допринело припреми младих људи за живот у свету који се брзо трансформисао применом науке у технологији и инжењерству. Таква припрема захтева да сви, а не

само они који се опредељују за рад у научним институцијама, буду оспособљени за опште разумевање кључних идеја из науке и о науци. Јер би им то омогућило да постану информисани грађани који учествују у доношењу одлука битних за своју и добробит других.

Ми смо овим документом поновили и проширили оквир циљеве научног образовања преко сета свеобухватних идеја – названих велике идеје зато што објашњавају читав опсег повезаних феномена. Навели смо аргументе и понудили доказе потенцијалне користи која се остварује идентификацијом малог броја веома моћних идеја, бар када је у питању простор који оне омогућују за имплементацију педагогије засноване на инквјери приступу. Омогућује ђацима да искуством и вредновањем сакупљених и употребљених доказа у научној активности развију разумевање света који их окружује, и како да му дају смисао. Аргументовали смо да је оквиру курикулума израженог посредством великих идеја неопходно прилагодити приступ заснован на инквјерију.

Указано је да су промене у вези циљева научног образовања оствариве само уз захтев знатне ревизије курикулума. Дешавања у учионици су у вези с многим међусобно повезаним практичним активностима, међу којим су главни они попут процењивања ђака, образовање наставника и педагогија. Међутим, постоје и многи други утицајни фактори попут организације школе, како су подучавање и наставници евалуирани, улога и очекивања родитеља, подршка добијена од стране локалне администрације и инспектора, и наравно политика владе. Реалне промене захтевају координирани приступ свих утицајних извора. Наставници су одговорни за ђачко учење али нису у могућности да сами направе релеанте промене. У многим случајевима се захтева промена политике јер постојећа пракса не поспешује иновацију.

Профил учесника семинара

Derek Bell

Професор **Derek Bell** је наставник, истраживач, саветник и поборник побољшања и обогаћивања образовања за сваког. Радио је у школама и колеџима Енглеске, а био је Извршни директор Друштва за научно образовање (Association for Science Education – ASE) и руководилац одељења за образовање у The Wellcome Trust фондацији. Остао је врло активан у националном и интернационалном образовању посредством своје консултантске агенције (Samaranula Consulting), комитета и саветничког рада, као и низа публикација широког спектра. Сада је повереник IBM Trust UK, Understanding Animal Research и Центра за хелију у УК члан Комитета за научно образовање глобалне мреже академија наука и жирија панела за конкурс младих научника у Европској унији (Academies Panel Global Science Education Committee and of the judging panel for the European Union Competition for Young Scientists). Почасни је доктор образовања на Мачестерском Метрополитан Универзитету од 2011. Дерек је директор LEARNUS, професор образовања на Колеџу за наставнике и гостујући истраживач на UCL Institute of Education у Лондону.

Rosa Devés

Професор Роза Девес је Provost на Универзитету Чиле у Сантајгу, 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 хелије 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. Била је директор после дипломских студија на истом Универзитету.

Кординатор 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 Амерички национални научни ресурс центар (National Sciences Resource Centre) почиње сарадњу са Хорхе Аљендеом са циљем да успостави програм ЕСВИ 'инквјери' научног образовања који стартује у 6 државних школа са око 1000 ђака. Од тада се тај програм шири и тренутно укључује око 250 школа, у свим регионима земље, које раде заједно са дванаест Чилеанских универзитета, Министарство образовања и Академијом наука дајући високо квалитетно образовање свој деци.

Hubert Dyasi

Професор Hubert M. Dyasi је стручњак у области професионалног развоја наставника наука. Дао је допринос у дизајнирању, руковођењу и имплементацији програма научног

образовања заснованог на инквјери приступу широм света. На бројним интернационалним конференцијама је разматрао професионални аспект вршњачког учења. Његови радови у вези школског образовања укључују низ одељака и коаутрских прилога у неколико књига попут *America's Lab Report (National Academy Press, 2005)*, *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics (Дизајн професионалног развоја за наставнике наука и математике (2003))*, *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning (Инквјери и национални стандарди научног образовања: Приручник за обучавање и учење (2000))*; *The National Science Education Standards (Национални стандарди научног образовања 1996)*. 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. Друштво наставника наука му је доделило награду за научно образовање у 2008. Члан је Националног института за научно образовање и одбора програма научног образовања Глобалне мреже академија наука (IAP).

Guillermo Fernández de la Garza

Guillermo Fernández de la Garza је Председник и егзекутивни директор Мексичке фондације за науку (FUMEC) која је непрофитна организација коју спонзорише Мексичка држава и влада. У FUMEC 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 физике је стекао на Мексичком националном аутономном универзитету, степен магистра у области Економскиг инжењерства на Станфорд Универзитету, а затим је се усавршавао у области Нуклеарног инжењерства и Бизнис администрације на IPN и IPADE. Развијао је иновационе програме у индустрији, универзитетима и 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 месчник 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 организовао покренуо увођење курикулума Наука и технологија за децу које је развио Национални научни ресурс центар (NSRC). Уз подршку FUMEC-а је, 2002, је основао INNOVEC, Иновације у научном образовању, као непрофитну оргнаизацију која је имала за циљ да уведе Инквјери метод у научном образовању у Мексичким државним школама. INNOVEC има споразме 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. Гијермо је 2008 године добио награду PurKwa коју додељује Француска академија наука и Висока рударска школа из Сент-Етјена за иновативну праксу у научном образовању.

Wynn Harlen

Професорка Wynn Harlen 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, где је основала Истраживачки центар за развој основног образовања. У Единбургу је директор Шкотског савета за истраживање и образовање у периоду 1990-1999. Сада ради као консултант. Водило је неколико пројеката у истраживању, професионалном развоју и развоју курикулума. Публиковала је неколико књига о научном образовању и процењивању.

Била је дугогодишњи, а сада и почасни, члан Британског друштва за научно образовање (UK Association for Science Education (ASE)), уређивала је Ревизију наука у основној школи од 1999-2004, и била његов председник 2009. Председавала је, OECD PISA научној експертској групи, од 1998-2004, и радној групи Крљевског друштва (State of the Nation Report on Science and Mathematics Education 5-14 (Национални извештај о научном и математичком образовању за ученике од 5-14 година)). Сада председава Интернационалним надзорним комитетом Глобалне мреже академија наука за програм научног образовања. Одликована је високом одликовање ОВЕ, који додељује Енглеска краљица, за допринос образовању, 1991, а добила је, од Британског друштва за научно образовање (ASE), специјалну награду за допринос научном образовању, 2001. Интернационалну награду PurKwa 'за научно описмењавање деце планете' је добила заједно са Guillermo Fernández de la Garza, 2008, а специјално признање, за допринос промоцији научног образовања заснованог на инквјери приступу, Мексичког министарства образовања и INNOVEC-а, 2011 године.

Pierre Léna

Професор Пјер Лена је предавао физику и астрофизику на Универзитету Париз 7 (сада Универзитет Париз Дидро). Допринео је, радећи на Париској обсерваторији, развоју инфрацрвене астрономије, дизајнирању Европског врло великог телескопа (VLT) у Чилеу, примени нове оптичке технике у астрономском имајџингу (адаптиван оптика и интерферометрија). Био је дуго година директор високе школе Астрономије и Астрофизике d'Île-de-France ментор великог броја доктораната. Члан Француске академије наука је постао 1991, а касније и Европске академије и Академије наука у Ватикану (the Pontifical Academy of Sciences).

Упоред 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 тренинга 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 Ив Кереем придружује овом покрету. Француска академија наука, чији су чланови била ова три научника, у потпуности подржава тај покрет. Тако је успостављен 'инквјери' пројект *La main à la pâte* (*Рука у тесту*). 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, пројект је доживео интернационалну експанзију посредством сајта (www.lamap.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 education et la formation) са задатком да води овај пројекат који се прођирује и на тренинге наставника. Академија је понудила своје савете и мишљења инволвираним телима владе. Пјер је председник овог одбора до 2011. Академија наука, заједно са Високим школама из Париза и Лиона оснива Фондацију *La main à la pâte*, са стафом од 25 чланова, која има за циљ да развија научно образовање, интернационалну сарадњу и у извесној мери истраживања у тој области. Сваке године публикује књиге и друге ресурсе, а организује и тренинге наставника. Пјер је њен први председник (2011-2014). Види www.fondation-lamap.org and www.academiesciences.fr/enseignement/generalites.htm

Robin Millar

Професор Робин Милар је (Salters') 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.

Написао је велики број публикација које су се бавиле проблемом предавањем и учењем наука, а његова главна област истраживања је: 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 предавању наука. Руководио је важнијим истраживачким пројектима у вези истраживачког практичног рад у презентацији наука у школи, као и представе о науци коју имају млади људи. Од 1999-2004, био је координатор Истраживачке мреже *Проверена пракса у научном образовању (the Evidence-based Practice in Science Education- EPSE)*. Био је укључен у неколико важнијих пројеката који су имали за циљ развој курикулума и програма за развој иновативног курса из области савремене наука под називом *Science for Public Understanding (нека врста популаризације науке)* и *Twenty First Century Science (Наука XXI-ог века намењена курсевима науке за ученике од 14-16 година)*.

Био је члан Британске групе у оквиру ЕУ пројекта *Labwork in Science Education (Лабораторијски рад у научном образовању)*, 1996-2000, као и члан OECD PISA (*Programme for International Student Assessment*) научне експертске групе, 2003-2006. Био је Председник *the European Science Education Research Association-ESERA (Европско друштво за истраживање научног образовања)*, 1999-2003, и председник UK Association for Science Education in 2012.

Michael Reiss

Професор Michael Reiss је водио катедру Научног образовања на Институт за образовање, Лондонског универзитета (University of London), гостујући професор на Универзитетима у Лидсу, Јорку и Краљевском колежу за ветерину, почасни члан Британског научног друштва и колежа наставника, доцент на Универзитету у Хелсинкију, директор Салтерс- Нафилд пројекта за биологију (Salters- Nuffield Advance Biology Project), члан Академије друштвених наука. Био је директор за област образовања у Краљевском друштву. Опширно је писао о курикулуму, педагогији и

процењивању у научном образовању. Руководио је великим бројем истраживања, евалуација и саветодавних пројеката које су током последњих двадесетак година у Британији покренули Истраживачки савети, Министарства, добротворне организације и интернационалне агенције. Види www.reiss.tc

Patricia Rowell

Професор Patricia Rowell је професор емеритус научног образовања на Универзитету Алберта у Канади. Њен истраживачки интерес је фокусиран на природу дискурзивне стратегије која се користи у подучавању и учењу основних наука у формалном и неформалном оквиру. Њено истраживање је финансирано низом државних грантова. Учествовала је у оснивању Центра за математичко, научно и технолошко образовање на Универзитету у Алберти. Била је одговорна за креацију и дистрибуцију ресурса за наставнике који примењују инквјери приступ. Учествовала је у реализацији пројеката научног образовања у Уганди, Боцвани, Намибији, Јужној Африци, Аустралији, Чилеу и Кини. Добила је признања у области биохемије (B.Sc. Honours, London; M.Sc., Oxford) научног образовања (B.Ed., Ph.D., University of Alberta).

Wei Yu

Професор Веј Ју, рођена у Кини, је одбранила докторат из Електронског инжењерства на Техничком Универзитету у Ахену, Немачка. После дипломирања на Институт за технологију у Нањингу, 1965, постала је истраживач на Институту за електронику, НИТ. 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 помоћница минситра у Министарству за образовање Кине, 1993-2002, је дала веома важан допринос реформи високог образовања и учења на даљину. Од 1994-2002 године је била члан ICSU-CCBS (International Council of Scientific Unions –Committee of Capacity Building on Science).

Покренула је у Кини ново интердисциплино истраживање – Учење наука, границе мишљења, мозак и образовање- које је повезивало неуронауке и образовање. Истовремено уводи приступ научног образовању заснован на 'инквјери' методу промовишући пројекат *Учим радећи* и креира вебсајт www.hadsbrain.com. За допринос дат пројекту *Учим радећи* односно иновацију у научног образовању добија од Француске академије наука и Високе рударске школе из Сент-Етјена награду PurKwa, 2006. Током 2007/8 године председава Комитету за реформу националних стандарда научног образовањ у основним школама Кине, чији извештај је презентирани министарству крајем 2009. Заједно са својим тимом је добила националну награду Кине за реформу основног образовања, 2010. Члан је Академије СЕА, а добила је и почасни доктората на девет интернационалних универзитета.

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 научног образовања

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

Практичан рад: његова ефективност у основним и средњим школама у Енглеској

Abrahams, I., and Reiss, M. J. (2012) Practical work: its effectiveness in primary and secondary schools in England, *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035-1055.

Разматрања о научном образовању

Alberts, B. (2008) Considering science education. Editorial, *Science*, 319, March 2008.

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.

Ентузијазам следеће генерације

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

Како људи уче, мозак, мишљење, искуство и школа

Bransford, J.D., Brown, A. and Cocking, R.R. (eds) (2000) *How People Learn, Brain, Mind, Experience and School*. Washington, DC: National Academy Press.

Образовни процес

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

Повећавање и поткопавање унутрашње мотивације: ефекти само-евалуације и евалуације кроз рад о интересовању и успешности

Butler, R. (1988) Enhancing and undermining intrinsic motivation: the effects of task-involving and ego-involving evaluation on interest and performance, *British Journal of Educational Psychology*, 58(1), 1-14.

Прилика за уједначену трансформацију математичког и научног 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 научног 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 ђачко разумевање модерне генетике од 5-до 10-ог 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 будућност Европе

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

Кратак 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

Процењивање и научно образовање засновано на инквјери приступу: проблеми у политици и пракси (превод на српски језик: http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/inquiry/pdf/PROCENJIVANJE_IBSE.pdf)

Harlen, W. (2013) *Assessment and Inquiry-Based Science Education: issues in policy and practice*. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme: Trieste, Italy.
www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx

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.

Интеграција у К-12 образовање: Статус, проспекти и агенда за истраживање

Honey, M., Pearson, G. and Schweingruber, H. (eds) (2014) *STEM Integration in K-12 Education: Status, prospects and an agenda for research*. Washington DC: The National Academies Press.

Неуронауке и образовање: : проблеми и могућности

Howard-Jones, P., Pollard, A., Blakemore, S-J., Rogers, P., Goswami, U., Butterworth, B., Taylor, E., Williamson, A., Morton, J. and Kaufmann, L. (2007) *Neuroscience and Education: Issues and Opportunities*, London: TLRP/ESRC.

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

La main à la pâte (1998) Ten principles of teaching. <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/105/principes-et-enjeux>

Фондација LAMAP

La main à la pâte (2014) www.fondation-lamap.org

Заједничка сокла знања и компетенција

Le Socle commun des connaissances et des compétences (France, 2006).

http://cache.media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/00/0/socle-commun-decret_162000.pdf

Поглед на велике и основне идеје у науци

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

Оцењивање у школи. Да ли је одговарајуће? Коментари ESRC истраживачког 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 Lomond 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 вишегодишњег напредовања 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 напредка 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

Оквир за K-12 научно образовање

NRC (National Research Council (2012) *A Framework for K-12 Science Education*. Washington DC: The National Academies Press.

Развој оцењивања за следећу генерацију научних стандарда

NRC (National Research Council (2014) *Developing Assessment for the Next Generation Science Standards*. Washington DC The National Academies Press.

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.

Могло би бити боље: употреба интернационалног поређења у циљу побољшања националног курикулума у Енглеској

Oates, T. (2012) *Could do better: Using international comparisons to improve the national Curriculum in England*. Cambridge Assessment www.nationalnumeracy.org.uk/resources/30/index.html

Разумевање мозга: рађање науке о учењу

OECD (2007) *Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science*. Paris: OECD.

Познавање ђачког знања: наука и дизајн и процењивање

Pellegrino, J.W., Chudowsky, N. and Glaser, R. (eds) (2001) *Knowing what Students Know: The Science and Design and Educational Assessment*. Washington, DC: National Academy Press.

Како и када се дешава комплексно резонување? Напредак 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 двадесетпрвог 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 програм „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.

Како неуронаука делује на образовање: извештај на основу анкете наставника и родитеља

Wellcome Trust (2014) *How neuroscience is affecting education: a report of teacher and parent surveys*.
www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@msh_peda/documents/web_document/WTP055240.pdf

Пет области основа научног знања: шта подразумевамо под '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)

Пре пет година, 2010, смо публиковали *Принципе и велике идеје научног образовања* с циљем да покажемо да би научно образовање требало ђацима да омогући развој релативно малог броја великих идеја из науке и о науци. Њихова примена је посматрана кроз неке догађаје у образовању и свакодневном животу. Одговори корисника из многих земаља су потврдили да је избор идеја релевантан, па се чак и у реформи неких националних курикулумима манифестовао њихов утицај.

Потенцијална корист од продубљенијег начина учења, радије него некоординисана уопштеност, ипак зависи од промена у начину рада у учионици. Зато овом публикацијом, приказујући даљи рад исте интернационалне групе научника и едукатора у науци, указујемо на оно што би требало бити укључено при раду ка великим идејама. Разматран је приказ великих идеја, импликације на садржај курикулума, педагогију, формативно и сумативно процењивање, као и професионално усавршавање наставника и евалуацију подучавања.



the global network of science academies