

Подстицајна околина за активно учење природних наука

Мирјана Поповић-Божић¹, Јосип Слишко² и Татјана Марковић-Топаловић³

¹Институт за физику, Београд; ²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México; ³Медицинска школа, Шабац

Апстракт. Потребу да се за учење физике и природних наука користи шири школски простор од саме учионице уочили су и истакли многи едукатори и истраживачи процеса образовања. Са своје стране, архитекте и дизајнери су свесрдно прихватили и спроводе иновативно пројектовање школског простора, са циљем да постане стимулативан за учење. Тако се дошло до концепта школе и њене околине као тродимензионалног уџбеника. Учесници радионице ће моћи детаљно да се упознају са више апаратура и инсталација у школском простору, које би биле корисне у предавању физике и природних наука, а посебно применом метода активног учења - учења кроз постављање питања, посматрање, експериментисање и теоријско расуђивање.

ШКОЛА И ЊЕНО ДВОРИШТЕ КАО 3Д УЏБЕНИК

Знање о основним законима природе је прикупљено и обликовано од стране великих научника током импресивног историјског подухвата. Међу физичарима је развијена култура истраживања у којој је врхунски принцип константно поређење између теоријских идеја и чињеница које следе из контролисаних експеримената. У новије време у свету се улажу напори да култура истраживања продре и у културу образовања [1], у којој се, више него што је замисливо, јављају и понављају грешке [2]. Да би ученици учили кроз сопствена искуства истраживања, развијају се стратегије и методе дизајнирања секвенција учења наука које узимају у обзир широка теоријска и експериментална знања о томе како људи мисле и уче [3]. Полазиште наставних стратегија које промовишу „активно учење“ је идеја да студенти морају сами да изграде своје знање. Одатле следи да основни задатак професора није детаљно излагање установљених научних знања него стварање ситуација и задатака учења у којима ће студенти бити у прилици да то знање самостално стичу и правилно примењују [3,4,5]. Неопходно је да студенти добију прилику да понове искуства и резоновања научника, како она која су водила до правилних тако и она која су водила до погрешних решења [1].

Да би професор могао да реализује такве ситуације, потребно је да има могућности да користи шири простор од учионице и лабораторије за физику [6-

10]. Потребни су ходник, двориште, кров, фасада, тераса да би се уградили уређаји и елементи који омогућују пресликавање, демонстрацију и студирање физичких појава и тако изазивају асоцијације и подстичу интересовања и питања. То се може постићи ако се школска зграда и њена околина користе као лабораторија и 3Д уџбеник природних наука [9-11].

Аутори чланака који су објављени од 1972 до 2001 у колумни Deck the Halls (Украински ходнике) у часопису Physics Teacher, а потом у Зборнику који је едитовао Pizzo [12] су предложили више уређаја за демонстрацију у школском ходнику. Европско друштво физичара је публиковало биографије славних Европских физичара на постерима, да би се користили у лабораторијама и ходницима школа [13]. Друштво физичара Србије је превело и публиковало те постере на српском језику, да би били дистрибуирани школама у Србији.

Са своје стране, архитекте широм света су иницирале и свесрдно се предале иновативном пројектовању школа, као и побољшању свеукупне околине у којој се одвија образовање [11]. Добра околина олакшава, обогаћује и подстиче креативно мишљење [6]. Концепт експерименталне зоне за развој људских чула, које је предложио Хуго Кукелаус, писац, социолог, архитекта, филозоф и уметник, је довела до стварања инсталација за развој чула [14]. Због антропоморфне структуре физике, многе од ових инсталација су веома корисне у образовању из физике [9]. Естетски изглед ових инсталација их чини корисним за образовање из уметничких предмета, такође. Пројектанти Основне школе Зхнагде [15] и Гимназије за математику и науке Националног универзитета у Сингапуру [16], које су изграђене 2005. и 2006. су од свег срца прихватили концепт школе као 3Д уџбеника наука. У Грчкој, Организација за градњу школа, основана 1998, је веома успешна у развоју школских објеката [17]. У Грчко-немачкој школи (Ellinogermaniki agogi) у Атини [18] инсталације за предавање наука су распоређене по целој згради.

Скуп конкретних спознајних инсталација погодних за ширење физичке лабораторије у целу школску зграду и двориште описани су у низу чланака [6-10]. Аутори тих радова и њихови сарадници су приказали те уређаје на изложби „Подстицајна околина за учење природних наука“, која је отворена новембра 2010. у Општини Нови Београд, а у фебруару 2011. у Градској библиотеци у Панчеву.

Сви учесници Републичког семинара о настави физике 2011. у Врању ће имати прилику да виде ову изложбу у току семинара. Учесници радионице ће се упознати са могућностима које пружају приказане апаратуре и инсталације за реализацију активне наставе физике. Многе од ових инсталација могу бити и основа за сарадњу физичара и наставника других предмета.

Примери учила изван учионице

Инсталације и елементи који су погодни за сталне поставке у школском простору ради демонстрирања и посматрања физичких појава ван учионице, разрадио је тим аутора [19], а на изложби су приказани на постерима чији наслови су: ● Покушаји уградње научних идеја и концепата у дизајн екстеријера и ентеријера ИС Петница ● Пројектанти Гимназије за математику и природне науке Националног Универзитета у Сингапуру су свесрдно прихватили концепт школе као 3Д уџбеника наука ● Галилејеви експерименти на стрмој равни са звонцима и клатном ● Галилејеви експерименти на огради школског степеништа ● Симулација брахистрохроне ● Лоптице скочице ● Занимљивости у биографијама европских физичара ● Ефекти ротације Земље на глобусу у отвореном простору ● Пресликавање кретања Земље око Сунца на глобус у отвореном простору ● ДИНГ – Дан и ноћ на глобусу ♂ Шабач ● Одређивање скале сунчаног часовника ● «Живи» сунчани часовник у школском дворишту ● Симулација ретроградног кретања планета у школском дворишту ● Тежина – Колико смо тешки на другим планетама? ● Како авион лети? ● Небеска тела, космичка мрежа ● Филтри и огледала на прозорима за посматрање мешања боја ● Уређај на прозору за добијање спектра у покрету ● Соларне ћелије у школској архитектури ● Филм «Снага Сунца» – соларне школе ● Холограм црне рупе и крушке - симбола Ајнштајнове теорије гравитације ● Холограм човековог мозга ● Мелодична ограда и ехо цеви ● Круков радиометар ● Занимљиви млазеви и поучна фонтана ● Увод у инфинитезимални рачун учећи од Архимеда ● Водоторањ Милутина Миланковића у Осијеку ● Галилејев термометар.

АКТИВНО УЧЕЊЕ У ПОДСТИЦАЈНОМ ШКОЛСКОМ ПРОСТОРУ

ДИНГ – Дан и Ноћ на Глобусу

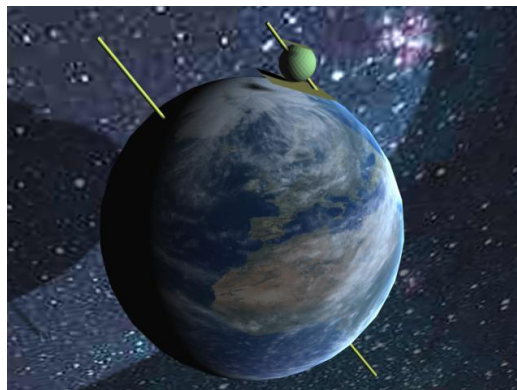
Глобус, који у односу на Сунце има исту оријентацију као Земља, постављен на отвореном, а најбоље у осунчаном школском дворишту, је изузетно корисно наставно средство [6,8]. Такав глобус су осмислили сарадници Вајцмановог института у Израелу и поставили (слика 1) у Clore Garden of Sciene - њихов интерактивни музеј науке у отвореном простору, намењен ученицима, грађанима и туристима [20,21].

На глобусу који у односу на Сунце има исту оријентацију као Земља, град у коме се глобус налази је на врху, а оса глобуса је паралелна оси ротације Земље, тј. усмерена је ка Северном небеском полу (слика 2). У односу на Земљу глобус је статичан, тако да је његово дневно и годишње кретање синхронизовано са кретањем Земље. Стога се на овом глобусу могу пратити ефекти двојаког кретања Земље, око своје осе и око Сунца. Посматрањем

глобуса, током сунчаног дана, може се пратити смена обданице и ноћи на Земљи. Посматрањем у току године, могу се пратити промене осунчења које узрокују смену годишњих доба.



СЛИКА 1. Globus u Clore Garden of Science снимљен на дан дугодневице (летњи солстициј), краткодневице (зимски солстициј) и равводневице [21].



СЛИКА 2. На слици је представљено како треба да се позиционира школски глобус у односу на Земљу. Тангентна равна, у тачки на Земљи у коју је постављен глобус, је паралелна са тангентном равни у одговарајућој тачки на глобусу. Дакле, град у коме се глобус налази је на врху глобуса [6].

У Србији се први такав глобус гради у Шапцу (слика 3), и биће постављен 26. марта 2011 у Градском парку. Скраћено је назван ДИНГ - Дан и Ноћ на Глобусу. Изградња ДИНГ-а је предложена у виду пројекта поднетог на Конкурс за унапређење квалитета живота грађана Шапца, који је у мају 2010. расписала Општина Шабац. У предлогу је наведено да је испитивањем знања ученика и грађана у Европи и код нас [22] нађено да већина испитаних не зна шта је узрок смене годишњих доба на Земљи.

Од како је одлучено и објављено да ће ДИНГ бити изграђен, као и током изградње, ДИНГ се увелико користи у предавању и ширењу знања из физике,

геометрије, географије и астрономије, не само ученицима и грађанима Шапца, већ и ученицима и грађанима Србије. Електронски и штампани медији су показали велико интересовање, а коментари читаоца су увек били веома позитивни и садржајни. Ово је допринело да се обезбеде додатна средства, у виду бесплатних грађевинских и занатских радова, јер се испоставило да средства, одобрена на почетку за изградњу, нису довољна.

Наше искуство, у разговорима са заинтересованим ученицима, већ сада показује да је ДИНГ као тродимензионално наставно средство, изврсна допуна дводимензионалним сликама осунчаности Земље у уџбеницима географије за 5. разред основне школе и астрономије за 4. разред гимназије природно-математичког смера. У уџбеницима је заправо представљена сфера у различитим положајима на Земљиној орбити, и њено осунчење. ДИНГ омогућује да се ученици директно увере, у тродимензионалном простору, како је планета осунчана, где се налази граница (терминатор) између осунчаног и неосунчаног дела Земље у току дана. Праћењем у току године, ученици се могу уверити да се угао између равни у којој лежи та линија и осе глобуса/Земље мења. Три карактеристична положаја линије осунчавања приказане су на слици глобуса у Clore Garden of Science (сл.1).



СЛИКА 3. ДИНГ пре бојења и тим који је предложио и реализовао изградњу ДИНГ-а у Шапцу; с десна на лево: архитекта Драгољуб-Паја Милутиновић, проф др Мирјана Поповић Божић, проф др Марко Поповић и мр Татјана Марковић Топаловић.

Сферни сунчани часовник је глобус који има Земљину оријентацију

Интересантно је да глобус, дуж чијег екватора су постављени стубићи, на једнаким угаоним растојањима од 15° , постаје сферни сунчани часовник. Такав часовник је 2006. године изграђен поред Опсерваторије „Max Valier“ [23] у Италији (слика 4). Двадесет четири метална стубића (за 24 часовне зоне) су постављена дуж екватора на сваких 15° географске дужине. Дакле, сваки стубић се налази на пресеку локалног меридијана и екватора. Сенке штапића показују да ли је Сунце на северу или на југу од екватора. На дан равнодневнице сенке свих штапића падају дуж екватора. Уз помоћ сенке штапића, посматрач приближно може одредити локално сунчано време.

Сферни сунчани часовник са стубићима је у ствари побољшана верзија Цеферсоновог сферног сунчаног часовника, на коме уместо стубића постоји

покретни полукружни оквир. После повлачења са дужности председника САД, Џеферсон је 1816. у Монтичелу изградио сферни сунчани часовник, али је часовник временом изгубљен. Са обнављањем имања Монтичело, часовник је поново изграђен, по оригиналним цртежима, и постављен на место на коме се раније налазио [24].



СЛИКА 4. Сферни сунчани часовник и конструктор Симон Мородер [23] поред Опсерваторије „Мах Valier“ у региону Трентино у Италији, на надморској висини 1350 m (лево). Џеферсонов сферни часовник у Монтичелу, САД (десно) [24].

Хоризонтални сунчани часовник

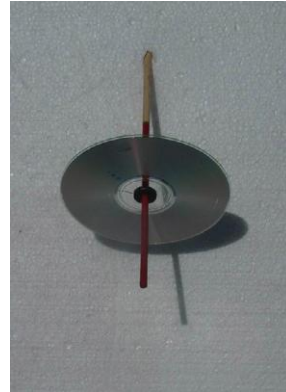
Хоризонтални сунчани часовник је много распрострањенији, широм света, него сферни сунчани часовник. Али, веома мало ученика и грађана познају принцип рада сунчаног сата, а још мање их зна како се одређује скала хоризонталног сунчаног сата. Као што ћемо сада показати, одређивање скале сунчаног часовника је сасвим у домену средњошколског градива, и предлажемо ову тему за активну наставу како физике, тако и математике.

Временска скала хоризонталног сунчаног часовника се може одредити пошавши од сферног и екваторијалног сунчаног часовника. Екваторијални сунчани часовник се састоји од диска и осе која је нормална на диск (сл. 5). Оса је паралелна са Земљином осом, тако да је диск паралелан са екваторијалном равни Земље. Дакле, угао између осе диска и хоризонталне равни је једнак географској ширини места на коме се часовник налази. То значи да је екваторијални сунчани часовник у ствари исечак, дуж екватора и осе, из глобуса који има Земљину оријентацију [8].

Због ротације Земље, током једног часа, сенка осе на диску пребрише угао од 15° . Због тога су углови између часовних линија на екваторијалном сату једнаки 15° . Подневна линија спаја центар диска и његову доњу ивичну тачку, 6h ујутро је на западној ивици, и 6h поподне је на источној ивици. Углови се мере од подневне линије према западу и истоку.

Али, угао који сенка осе диска описује на хоризонталној равни, не пребрисава једнаке углове у једнаким временским интервалима. Због тога се углови између

часовних линија хоризонталног сунчаног сата морају одредити посебно за свако место на Земљи.



СЛИКА 5. Фотографија екваторијалног сунчаног сата у Збрањеном граду, у Пекингу (лево) [25]. Приручни екваторијални сунчани сат коришћењем CD-а (десно) [8].

Учесници радионице ће добити задатак да изведу релацију између часовног угла на диску, t_d , и одговарајућег часовног угла на хоризонталној равни, t_h , за задату географску ширину α_l :

$$t_h = \arctg(\operatorname{tg}(t_d) \cdot \sin(\alpha_l))$$

При извођењу горње релације учесници радионице ће користити приручни екваторијални сунчани сат (слика 5, десно).

Поучна фонтана – ативно учење посматрањем три млаза

Фонтане су један од веома присутних и омиљених елемената у јавним просторима. Пројектанти Основне школе Зхангге у Сингапуру [15] су фонтану укомпоновали међу растиње и биљке у башти за предавања и учење (слика 6). Наша идеја је, да се фонтана конструише тако, да буде не само декоративна и пријатна, већ и употребљива у настави. То се може постићи на више начина. Један од начина је да се један део фонтане изгради [9] по угледу на познати „hands on” оглед, помоћу боце са три отвора из које излазе млазеви воде (сл. 7).

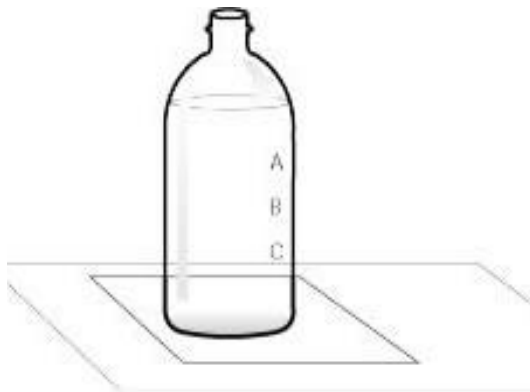


СЛИКА 6. Башта за предавања и учење у Основној школи Зхангде у Сингапуру, победник на наградном конкурс пројектантске групе Design-Share, 2005 [15].

Који млаз има највећи домет?

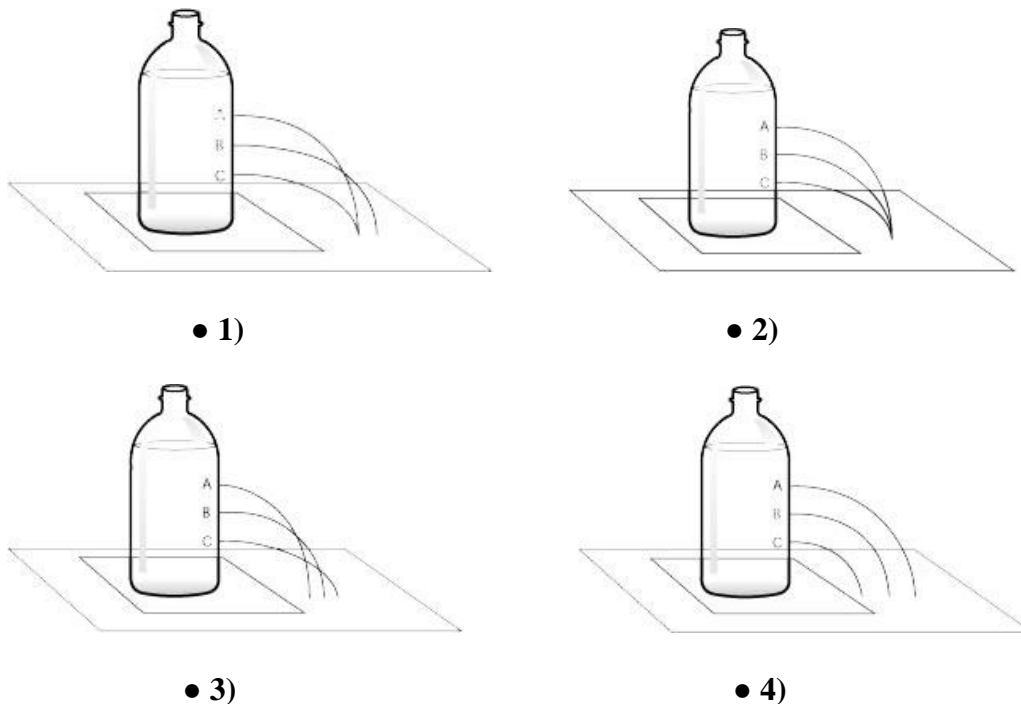
Пример секвенце активног учења „Предвиди - Опажај - Објасни“

*Припреми се боца као на слици 7. и ученицима постави питање „Који млаз из боце са три отвора има највећи домет?“



СЛИКА 7. ● На зиду пластичне боце су направљена три отвора (А, В, С) који се затворе лепљивом траком. Изнад отвора А се фломастером означи линија до које ће се налити вода у боцу. Међусобне удаљености отвора, удаљеност између отвора А и линије, као и отвора С и дна боце су једнаке. ● На страни супротној од означене линије (и на њеној висини) се направи хоризонталан отвор који ће служити да ниво воде буде сталан. ● У боцу се убаци пластично црево које ће доводити воду из чесме. ● Када вода почне излазити кроз хоризонтални отвор, скину се лепљиве траке са отвора А, В, С.

*Да би се избегла велика разноликост одговора, ученицима се могу понудити конфигурације трајекторија млазева приказане на слици 8. Да разноликост одговора не би била у потпуности искључена (неки ученици сматрају да увек имају право на сопствени одговор), препоручљиво је ученицима понудити да сви који имају неку другу идеју нацртају сопствену (пету) конфигурацију млазева и да је подрбно образложе.



СЛИКА 8. Како ће изгледати трајекторије млазева? Детаљно образложите свој избор.

*Када сви ученици имају своја образложена предвиђања, спроведе се гласање. Групе које имају исти одговор треба да формулишу најбоље образложење. Често се деси да сви ученици (али и наставници) бирају одговор 3.

*Потом ученици опажају стварне трајекторије млазева (одговор 1).

*Пошто се стварне трајекторије млазева разликују од предвиђених, ученици треба да објасне узроке те разлике. Ако то нису у стању да ураде сами, онда треба да им помогне наставник.

*Прво објашњење треба да буде квалитативно. Домет зависи од два фактора: излазне брзине и времена падања (висине отвора). Добра стратегија је «мисаона анализа» у којој се замишља шта би се десило ако би се отвор А помицао према горе, а отвор С према доле. Када би отвор А био на самој површини воде, млаз из њега би имао хоризонтални домет једнак нули (почетна брзина једнака нули). Када би отвор С био на дну посуде, млаз из њега би имао хоризонтални домет једнак нули (време падања једнако нули).

*Тек сада има смисла извести формулу за домет млаза из отвора на произвољној висини y_h од подлоге.

Почетна брзина млаза који истиче на висини y_h од подлоге је:

$$v_{x0} = \sqrt{2g(H - y_h)}$$

H је висина стуба воде у суду, која се одржава константном. Сваки елемент флуида се креће по трајекторији одређеној законима кретања под дејством гравитационе силе.

$$x(t) = v_{x0}t, \quad y(t) = y_h - gt^2/2$$

Због континуитета флуида, облик млаза је идентичан облику трајекторије сваког елемента флуида. Следи да је трајекторија одређена једначином

$$y = y_h - gx^2 / 4g(H - y_h)$$

Следи да је домет млаза, x_h , на површини $y = 0$, који истиче са висине y_h , одређен квадратном једначином:

$$x_h^2 = 4y_h H - 4y_h^2$$

Дакле, постоје две висине са којих млазеви стижу у исту тачку $(x_h, 0)$:

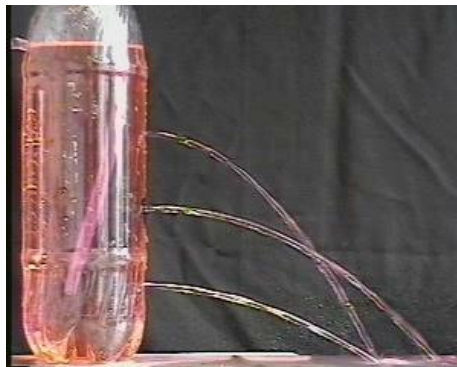
$$y_{h1,2} = [H \pm \sqrt{H^2 - x_h^2}] / 2$$

Те висине задовољавају Виетова правила:

$$y_{h1} + y_{h2} = H \quad y_{h1} \cdot y_{h2} = x_h^2 / 4$$

Види се да млазеви из отвора који су на подједнаком растојању од врха и дна падају у исту тачку на површини $y = 0$.

*Ако се не може извести експеримент који потврђује горе изведене релације, онда се ученицима може приказати фотографија на слици 9, коју је направио Адриан Корона Круз [2].



СЛИКА 9. Стварне трајекторије млазева из боце, у којој се висина стуба течности одржава константном, помоћу цева и отвора на супротној страни на задатој висини [2].

Како светлост покреће лопатице Круксовог радиометра?

Физичари који су били млади у неким ранијим временима се сећају да су многе часовничарске радње у изложима у Србији имале радиометар, као овај на слици 10. Данас се радиометри не могу видети у тим радњама, али би било корисно да се радиометри нађу у неком осунчаном кутку школске зграде.

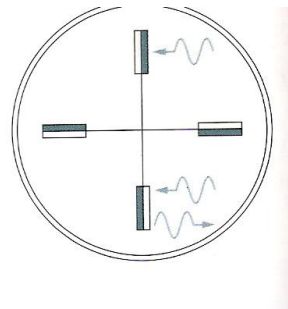
Радиометар је изумео хемичар Виљем Крукс 1873. Радиометар се састоји од стаклене лопте унутар које је делимичан вакуум. Четири лопатице су

постављене на обртну осу са малим трењем. Лопатице на оси почињу да се обрћу када се изложи светлости.

Секвенце активног учења о радиометру имају за циљ да се размотре познате хипотезе о раду радиометра: а) одбијање и упијање светлости, б) удари молекула гаса и градијент температуре у лопатицама, ц) фото-електрични ефекат.



А)



Б)

СЛИКА 10. А) Круксов радиометар, Б) Апсорпција фотона на црној страни и рефлексија од беле стране лопатица.

Учесници радионице (односно ученици у школи) ће добити три задатка: 1) да предвиде смер обртања лопатица у свакој од ових хипотеза, 2) да критички размотре недостатке сваке од ових хипотеза, 3) да предложе експерименте којима би се могла проверити ваљаност и доказати погрешност сваке од ових хипотеза.

ЗАКЉУЧАК

Надамо се да ће учесници радионице добити жељу да заинтересују директоре школа, представнике локалних и републичких органа у области образовања за пројекте побољшања школског простора и тако допринесу повећању заинтересованости ученика за учење уопште, а посебно за учење природних наука и физике.

ЗАХВАЛНИЦА

МПБ и ТМТ се захваљују Министарству за науку и технолошки развој Србије, Градској општини Нови Београд и Центру за таленте „Михајло Пупин“ у Панчеву за финансијску подршку намењену припреми и организовању изложби у Београду и Панчеву. Општини Шабац се захваљујемо што је прихватила и материјално подржала пројект ДИНГ. Архитекти Драгољубу-Паји

Милутиновић се захваљујемо што је уложио ентузијазам, знање, умеће и рад, себе и својих сарадника, у изградњу ДИНГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слишко Ј., Активно учење физике: коперникански обрат у едукацијском универзуму, *Наша школа*, **41**, 3 – 13 (2007).
2. Слишко Ј., *Repeated errors in physics textbooks: What do they say about the culture of teaching?*, in D. Raine, C. Hurkett and L. Rogers (editors). *Physics Community and Cooperation*. Vol. 2, Proceedings of the GIREP-EPEC & PHEC 2009 International Conference, Leicester: University of Leicester (2011) pp. 31 – 46.
3. Bransford, J. D., Brown, A. L. i Cocking, R.R. (editors) *How People Learn. Brain, Mind, Experience, and School*. Expanded Edition. Washington, D.C.: National Academy Press (2001).
4. Bonwell, C. C. i Eison, J. A. *Active Learning. Creating Excitement in the Classroom*. Washington: The George Washington University (1991).
5. Silberman, M. *Active Learning. 101 Strategies to Teach Any Subject*. Boston: Allyn and Bacon (1996).
6. Božić M, Vušković L., Pantelić D., Nikolić S., & Majić V., School architecture and physics education, *The Physics Teacher* **43**, 604-607 (2005) .
7. Božić M., Milićević V. and Nikolić S., Innovative school design for science education, Proc. Conf. Advanced Technologies in Education, ed. By S.Sotiriou and N. Dalamagas, Athens: Ellinogermaniki Agogi, (2007) pp. 113-122.
8. M. Božić and M. Ducloy, Erathostenes' teachings with a globe in a school yard, *Phys. Ed.* **43**, 165-172 (2008).
9. M. Božić, M. Popović and I. Savić, Out Classroom Installations for Learning Physics, *AIP Conference Proceedings*, New York: **1203** (2009) pp. 1250-1255.
10. Božić M. i Petković-Plamenac I., Institucije za školsku arhitekturu, *Arhitektura i gradjevinarstvo MODUL*, **Nu 37** 26-27 (2006)
11. Nair P. & Fielding R., *The Language of School Design, Design Principles for 21st Century*, Minneapolis: Design-Share (2005).
12. Pizzo J., editor, *Interactive Physics Demonstrations*, College Park: AAPT (2001).
13. Wolfendale A., *Europhysics News*, **30** (4) 111 (1999).
14. <http://www.spielgeraete-richter.de>
15. <http://www.designshare.com/index.php/projects/zhangde-primary>
16. <http://www.designshare.com/index.php/projects/nus-high/>
17. <http://www.osk.gr/>
18. <http://www.ea.gr/ea/main.asp?id=102&lag=en>
19. Тим аутора изложбе: М. П. Божић (координатор), Институт за физику и Физички факултет, БГД; М. Давидовић, Грађевински факултет, БГД; В. Мајић, Истраживачка станица, Петница; Д. Милићевић, Гимназија Крушевац; В. Милићевић, д.и.а; Др. Љ. Костић, ПМФ, Ниш; Д. Цуцић, Центар за таленте “Михајло Пупин”, Панчево; Д. Обадовић, Департман за физику, ПМФ, Нови Сад; Д. Пантелић, Институт за физику, БГД; А. Петровић, Географски факултет, БГД; М. Поповић, Институт за физику, БГД; Ђ. Спасојевић, Физички факултет, БГД; И. Савић, Друштво физичара Србије; Н. Станић, Народна обсерваторија и планетаријум, БГД; Б. Станковић, Народни музеј, Шабац; Т. М. Топаловић, Медицинска школа, Шабац.
20. Science from a different angle, *Weizmann Institute of Science*, http://www.weizmann.ac.il/diff_angle
21. <http://www.designshop.co.il/>
22. Цуцић Д., Јовановић Љ., Видић М., Лазаров Н., Зимска школа Регионалног центра за таленте „Михајло Пупин“ из Панчева – „Дивчибаре 2010“, *Зборник XXVIII републичког семинара о настави физике*, Врњачка Бања: Друштво физичара Србије (2010) pp. 223-232.
23. http://members.aon.at/sundials/bild68_d.htm
24. <http://www.monticello.org/press/newsletter/2002/sndl.pdf>
25. <http://en.wikipedia.org/wiki/Sundial>.