

STEM

განათლება

გუნდისგეოგრაფია • ტექნოლოგია • ინჟინერია • მათემატიკა + ხელოვნება

N1, 2022

STEM

არ არის ახალი საბანი,
ის აზროვნების წესია!



საქართველოს
განათლებისა და
მეცნიერების
სამინისტრო



მასწავლებელთა
პროფესიული
განვითარების
ერთგვარი
ცენტრი



STEM განათლება

№1, 2022

განათლების მართვა • მართვა • ინოვაცია • მართვა • მართვა

განათლების მართვა • მართვა • ინოვაცია • მართვა • მართვა

საქართველოში:

ნაგავიდან მოსული მართვა

გზის ბიზნისი

დავით სოლომონიშვილი

მანია გიბზინაძე

მკაბერიძე კორძაძე

ნინო მარტოშვილი

ილია მესტირიშვილი

გიორგი ლომიძე

ქეთი ცერცვაძე

რუსუდან თედორაძე

ნათია არაბული

მთავარი რედაქტორი

კახა ჟღერძი

კორექტორი

მანია გიბზინაძე

ლიზინგი

ბესიკ დანელია

საკონტაქტო ინფორმაცია:

მასწავლებელთა პროფესიული
განვითარების ეროვნული ცენტრი.

მისამართი:

თბილისი, სანდრო ელის ქ. 5,

ელფოსტა: skolismartva@tpdc.ge

ჟურნალში გამოქვეყნებულ პუბლიკაციებში
გამოთქმული ზოგიერთი მოსაზრება,
შესაძლოა, არ ემთხვეოდეს მასწავლებელთა
პროფესიული განვითარების ეროვნული
ცენტრისა და ჟურნალის რედაქციის
შეხვედრებს. ცალკეულ სტატიებში
დასახელებული ფაქტების უტყუარობაზე
პასუხისმგებელია სტატიის ავტორი.

ISSN 2720-8591

WWW.TPDC.GE

რედაქტორის სპეციალიზაცია

ჩემთვის დიდი პატივია, წარმოგიდგინოთ
ჩვენი ცენტრის ახალი STEM ჟურნალი. დღეს
ერთ-ერთი ყველაზე სერიოზული პრობლემა
ჩვენი ქვეყნის სწრაფი ეკონომიური განვითარებაა,
მაღალტექნოლოგიური მეწარმეობის
განვითარება. თანამედროვე ინოვაციური
ეკონომიკა კი საბუნებისმეტყველო და ზუსტ
მეცნიერებებზე დგას. ამ გადმოსახედიდან
სერიოზული პრობლემა გვაქვს დასაძლევად
— წლიდან წლამდე ჩვენი მოსწავლეების
ინტერესი საბუნებისმეტყველო და ზუსტი
მეცნიერებებისადმი საგანგაშოდ მცირდება.
რაც დრო გადის, ამ მიმართულებით სკოლაში
კომპეტენტური მასწავლებლების მოძიებაც
პრობლემურია. რატომ?

მსოფლიოს ცნობილი მეცნიერი — განმანათლებელი
იაპონელი ფიზიკოსი მიჩიო კაკუ საოცარ
სიტყვებს ამბობს: „ჩვენ ყველანი ამ ქვეყანაზე
მეცნიერებად ვიბადებით!“. გაიხსენეთ ჩვენი
ბავშვების ინტერესით ანთებული თვალები
ბაღში და დაწყებით კლასებში, გაიხსენეთ
გაუთავებელი კითხვები და დაუღალავი სურვილი
შეიმეცნონ სამყარო მათ გარშემო. როგორ
ვახერხებთ, რომ 10-12 წლის შემდეგ მათი უმრავლესობის
კვლევის წყურვილი ქრება ჩვენს
სკოლებში და ერთადერთი, რაც აინტერესებთ
გამოცდებზე მიღებული ქულების რაოდენობაა,
რომელიც სჭირდებათ „დამოუკიდებელ“
ცხოვრებაში შესასვლელად... ამ პრობლემებზე
ცნობილი მეცნიერის საინტერესო ინტერვიუ
გელით ჟურნალში. აქვე თქვენ ნახავთ ჩვენი
კოლეგების მნიშვნელოვან წერილებს, სადაც
მსჯელობა ამ საკვანძო პრობლემის გადაჭრის-
კენაა მიმართული. დღეს, თანამედროვე
განათლების სისტემაში, მეცნიერული ფიქრისა და
კვლევის გამოცოცხლების ერთ-ერთ ეფექტიან
გზად სწორედ სასკოლო გარემოში STEM სწავ-
ლების პრინციპების დანერგვა არის მიჩნეული.
ამაზევე მეტყველებს ის, რომ ყველაზე მოწინავე
პროფესიები, რომლებიც ქვეყნის მაღალტექ-
ნოლოგიური განვითარების საფუძველს ქმნიან
— STEM პროფესიებად მოიხსენიება.

ჩვენ იმედი გვაქვს, რომ სასკოლო საზოგადოება,
მშობლები და აკადემიური წრეების
წარმომადგენლები აქტიურად ჩაერთვებიან ამ
დისკუსიაში, რომელსაც იწყებს ჩვენი ცენტრის
ჟურნალი.

შინაარსი

საქართველოში

02 საიდან ბარნა
მგრეთ წოდებული
STEM-OFFENSIVE-ის
აუცილებლობა?
ირმა მგელაძე

06 რატომ STEM-ი?
კახა ჟღერძი

ინტერვიუ

12 ფიზიკოსი
მიჩიო კაკუ
STEM განათლებაზე

16 ინტერვიუ
ასტროფიზიკოსთან,
ასტრონომთან —
ანდრო როგავასთან

კვლევა — STEM — გუშინ, დღეს, ხვალ

23 ინოვაციების ინიცირება
STEM განათლებაში
თქვენი მომავალი და
თანამშრომლობით
კიბრა კარპინენი,
სტეფან ვინსენტ-ლაკრინი

29 STEM — გუშინ დღეს ხვალ
მანია გიბზინაძე

38 STEM-ის ევოლუცია, STEAM...
STEAME?
მედეა აბრამიშვილი

კვლევა დამატებითი სწავლება STEM-ში

43 კვლევაზე დამატებითი
სწავლება — მნიშვნელობა,
პრობლემები და
გადაწყვეტილები GOLABZ-ის
გამოყენებით
ილია მესტირიშვილი

47 საბუნებისმეტყველო
საგნების ინტეგრირებული
სწავლების სირთულეები
და გადაწყვეტილების გზები
ნუგზარ მოსულიშვილი

STEM-ი ჩვენს რეალურ სხეულებში

52 მათემატიკა, STEM-ი და
„ცოდნის მკონომიკა“
ქეთევან გერგავაძე

56 საგზაო მოძრაობის
მათემატიკური მოდელი
ეკატერინე კორძაძე

60 თქვენი მომავლის როლი
STEAM სწავლებაში
დაწყებით საფეხურზე
ნინო მარტოშვილი

საიდან გარნდა ებრით ზოდებული STEM-OFFENSIVE-ის აუხილელობა?

გვიხარია, რომ ჩვენი ჟურნალის შესავალი წერილი იწყება ინტერვიუთი
შვეიცარიაში მოღვაწე ლერბერმატის გიმნაზიის დოცენტთან
(<https://www.lerbermatt.ch/home>), ფიზიკის სახელმძღვანელოს
(<https://www.hep-verlag.ch/physik-mittelschulen>) ავტორთან,
ქალბატონ ირმა მგელაძესთან.

მისი ცოდნა, გამოცდილება და მოსაზრებები მნიშვნელოვანი გზამკვლევა
ჩვენს ახალ წამოწყებაში.

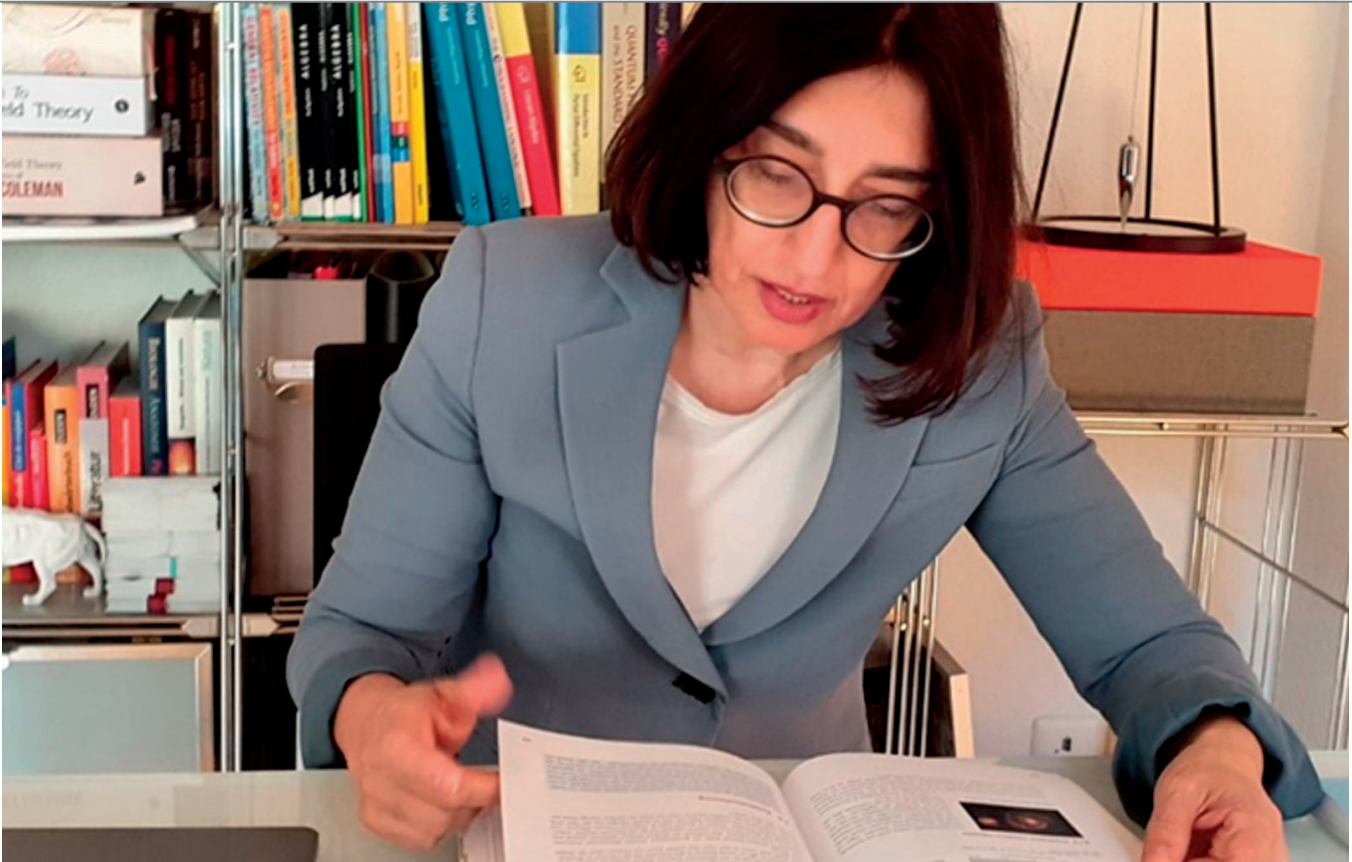
გთავაზობთ ინტერვიუს ქალბატონ ირმა მგელაძესთან.

ქალბატონო ირმა, ჩვენი დიდი სურვილია,
პირველი ნომერი იწყებოდეს თქვენი შესავა-
ლი სიტყვით, თქვენი მოსაზრებებით და სამ
მნიშვნელოვან კითხვაზე პასუხით შევთავაზოთ
ჟურნალის აუდიტორიას საკვანძო მიზეზები
STEM / STEAM სწავლების აუცილებლობისა და,
შესაბამისად, ჟურნალის აუცილებლობის შესა-
ხებ, სადაც განიხილება პრობლემები მოცემული
მიმართულებით. როგორ შეიძლება დავასაბუ-
თოთ სკოლებში STEM სწავლების საჭიროება?
რა პრობლემები წამოიჭრა STEM-ის დანერგვის
დროს და როგორ გადაჭრეს ის შვეიცარიაში?
როგორ ფიქრობთ, რა უნდა გავითვალისწინოთ
STEM-ის დანერგვის დროს, თქვენი გამოცდი-
ლებიდან გამომდინარე?

მიიჩნევენ, რომ ჩვენი გარემომცველი სამყაროს
95% ინჟინერიის შედეგია. ვაშლი, რომელიც ჩვენს
ბაღებში იზრდება, ბიოლოგიური ინჟინერიის პრო-
დუქტია და საკმაოდ ცოტა აქვს საერთო იმ „პირველ-
ყოფილ ვაშლთან“, რომელიც ბუნებამ შექმნა.

ტექნოლოგიების განვითარება და მათი გავლენა
თანამედროვე ყოფაზე განათლების სისტემისათვის
ახალ გამოწვევებს ქმნის. თუ უმაღლესი საგანმათ-
ლებლო ინსტიტუციები ხშირად თვითონ გვევლინება
სიახლეების ლოკომოტივად, საშუალო საგანმანათ-
ლებლო რგოლი საკმაოდ ინერციულია განახლების
მიმართ, რაც არცთუ ისე ცუდია. დღევანდელი მიღწე-
ვები სწორედ ამ ინერციული სისტემის დამსახურებაა,
რომელიც საბაზისო განათლებას სტრუქტურულად
და საფუძვლიანად აძლევდა მოზარდებს. თუ STEM-
საგნების (Science, technology, engineering, and mathe-
matics) სწავლებას ისტორიულ ჭრილში მიმოვიხი-
ლავთ, დავინახავთ, რომ დასავლეთში მათემატიკის,
საბუნებისმეტყველო საგნების და ბოლო დროს
ინფორმატიკის სწავლება საკმაოდ წარმატებულად
მიმდინარეობდა. ისმის კითხვა: მაშინ საიდან გაჩნდა
ეგრეთ წოდებული STEM-offensive-ის აუცილებლო-
ბა?

ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ ახალი
რეალობა და პრობლემები შექმნა:



- STEM საგნების სპეციალისტთა ნაკლებობა: ამერიკა (აშშ) და დასავლეთ ევროპა საკუთარი რესურსებით სპეციალისტების მოთხოვნის მხოლოდ 40%-ს (სხვა წყაროებით, 30%-ს) ფარავს.
- უმაღლეს სასწავლებლებში, ჰუმანიტარულ და სოციოლოგიურ ფაკულტეტებთან შედარებით, STEM ფაკულტეტების დიპლომირებული სტუდენტების საკმაოდ დაბალი პროცენტული მაჩვენებელია
- STEM ფაკულტეტებზე (ბიოლოგიის ფაკულტეტის გარდა) მამაკაცებთან შედარებით ქალების საკმაოდ მცირე რაოდენობა (10%-20%) სწავლობს, მაშინ, როდესაც ქალი აბიტურიენტების რიცხვმა 50%-ს (კაცებთან შედარებით) გადააჭარბა (გერმანულენოვან ქვეყნებში „აბიტურიენტი“ ნიშნავს პირს, რომელსაც გავლილი აქვს ე.წ. „აბიტურის“ კურსი და, სიმწიფის ატესტატის ქონის შემთხვევაში, უფლება აქვს უგამოცდოდ დაიწყოს სწავლანების მიერ ფაკულტეტზე).
- STEM სპეციალობებს შორის ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი პრობლემა უფრო გამძაფრებულია საინჟინრო მიმართულებით. თუ ფიზიკის ან ქიმიის

STEM საგნების სპეციალისტთა ნაკლებობა: ამერიკა (აშშ) და დასავლეთ ევროპა საკუთარი რესურსებით სპეციალისტების მოთხოვნის მხოლოდ 40%-ს (სხვა წყაროებით, 30%-ს) ფარავს.

დარგებზე ახალგაზრდებს საშუალო სკოლაშივე მეტ-ნაკლებად ექმნებათ წარმოდგენა, საინჟინრო მიმართულებებთან დაკავშირებით ეს არ ხდება.

რა თქმა უნდა, საშუალო სკოლებში არც ადრე ისწავლებოდა ინჟინერია, მაგრამ ჯერ კიდევ 20 წლის წინ თავისუფლად შეგვეძლო, საბაზისო ფიზიკის ცოდნით, ტელევიზორის მოქმედების პრინციპის ახსნა: საკლასო ოთახში ცდების ჩატარება ელექტრონების ამჩქარებელი მილით, ელექტრონების მიმართულებების ცვლა მაგნიტური ველის და კონდენსატორების მოქმედებით და ამგვარად ტელევიზორის ეკრანზე გამოსახულებების მიღების პრინციპების ჩვენება. დღევანდელი ტექნოლოგიები ბევრად უფრო კომპლექსურია და მათი ახსნა საბაზისო პროგრამებით თითქმის შეუძლებელია.

**მოზარდების 20% (გერმანიაში 50%) პიენაზიში
აგრძელებს სწავლას. დანარჩენი 80% მიდის
პროფესიულ სასწავლებლებში. პროფესიული
სასწავლებლები შვეიცარიის განათლების
სისტემის უკლიარესი მხარეა.**

იმისთვის, რომ ახალ გამოწვევებს ვუპასუხოთ, ჩვენი ამოცანაა, პრობლემები გავაანალიზოთ და შემოქმედებითად მივუდგეთ. ბოლო 10 წლის განმავლობაში უამრავ პროექტს გავეცანი. საინტერესო გამოცდილება მივიღე ტაფტის უნივერსიტეტში (Tufts university, Center for Engineering Education and Outreach <https://ceeo.tufts.edu/>), სადაც არათუ სკოლის მოსწავლეებისთვის აქვთ პროგრამები, არამედ სკოლამდელი ასაკის ბავშვებისთვისაც. ყველაზე საინტერესო კი ის იყო, რომ ამ პროექტებს სხვადასხვა ასაკობრივი ჯგუფის ბავშვებისთვის და მოზარდებისთვის თავად ტაფტის საინჟინრო ფაკულტეტის სტუდენტები ქმნიდნენ.

შვეიცარიაშიც, გერმანიაშიც, ავსტრიაშიც, ის კოლეგები, ვისთვისაც გამოცდილების მუდმივი გაზიარება მიწევს, წარმოუდგენელი ფანტაზიით ადგენენ პროგრამებს, რომლებიც როგორც ფორმით, ასევე შინაარსით ინოვაციურია.

მაგალითის სახით, აქ, ალბათ, საინტერესო იქნება ჩემი გიმნაზიის გამოცდილება გაგიზიაროთ. სანამ STEM პროგრამაზე დავიწყებდეთ საუბარს, მოკლედ მიმოვიხილოთ შვეიცარიულ სასკოლო სისტემას. პირველი სელექცია აქ მე-6 კლასში ხდება. მოსწავლეები აკადემიური მოსწრების მიხედვით ნაწილდებიან ორი ტიპის სკოლაში. მეორედ შერჩევა მაღალი აკადემიური მოსწრების სკოლაში მე-7 კლასში ხდება და ბოლო, მესამე სელექცია კი მე-8 კლასში, რის შედეგადაც მოზარდების 20% (გერმანიაში 50%) გიმნაზიაში აგრძელებს სწავლას. დანარჩენი 80% მიდის პროფესიულ სასწავლებლებში. პროფესიული სასწავლებლები შვეიცარიის განათლების სისტემის

უძლიერესი მხარეა, რომლის სიკეთეებზე საუბარი დაუსრულებლად შეიძლება.

გიმნაზიებში არის საბუნებისმეტყველო (დაახლოებით, ჩვენი კომაროვის სახ. სკოლის მსგავსი), სამართალ-ეკონომიკური და ჰუმანიტარული მიმართულებები. საბუნებისმეტყველო მიმართულებაზე მოსწავლე მოზარდების რაოდენობის შეფარდება მათთან, ვინც ჰუმანიტარული სპეციალობები აირჩია, თითქმის იგივეა, რაც შემდგომ, უნივერსიტეტში ჩაბარებისას.

ბერნის გიმნაზიაში 2010 წელს შევიკრიბეთ ენთუზიასტები და გადავწყვიტეთ, STEM-offensive-სთვის, რომელზეც პოლიტიკოსები ასე ხშირად საუბრობდნენ, ფორმა და შინაარსი მიგვეცა. ხანგრძლივი ძიებისა და დებატების შემდეგ, შეიქმნა ჩვენი მოდელი, რომლის შინაარსი მუდმივად იხვეწება, მაგრამ ფორმა არ იცვლება.

STEM-ის ორ კლასში გიმნაზიის სამივე მიმართულებიდან მოზარდები ნებაყოფლობით ეწერებიან. სამი წლის განმავლობაში (მე-10, მე-11 და მე-12 კლასში) მათ აქვთ კვირაში დამატებითი ორი STEM-გაკვეთილი. გარდა ჩვენ მიერ შეთავაზებული პროგრამისა, მოსწავლეები წარმოებაში ორკვირიან პრაქტიკას გადიან, ხოლო მე-11 კლასის ბოლოს ერთი კვირის განმავლობაში მათ არაჩვეულებრივი პროგრამით ლოზანის ტექნიკური უნივერსიტეტი (EPFL) მასპინძლობს.

ჩვენი მთავარი იდეაა სამწლიანი პროგრამის შევსება პრაქტიკული, გამოყენებითი და ინტერდისციპლინური თემებით, რომლებიც საბაზისო პროგრამებში არ შედის. წლის განმავლობაში განვიხილავთ ერთ ძირითად თემას, რომელიც სხვადასხვა დისციპლინის ჭრილში შუქდება. ეს თემებია:

MINT-think ანუ კომუნიკაცია ურთიერთდაკავშირებულ სისტემებში. თემა იწყება რობოტებით, შემდეგ ხდება ღორის ტვინის დამუშავება და ანალიზი, მიკროპროცესორებით და სენსორებით ნეირონული

სისტემების აგება, გეოგრაფიკულ ეროვნულ უბნების დაგეგმარების შესწავლა;

MINT-build სწავლობს სტრუქტურების როლს. თემა იწყება მათემატიკაში პარკეტების პრობლემით. ამ გამოცდილებით 3D ბეჭდვით მზადდება ფორმები შოკოლადისთვის. ქიმიკოსები ასწავლიან შოკოლადის მომზადებას (თურმე შოკოლადის გემო დამოკიდებულია მასის სტრუქტურაზე). ამას მოჰყვება პროექტები პიეცო და პელტიეს ელემენტებით. რა თქმა უნდა, თემის ნაწილია ბუნების ყველაზე დიდი სტრუქტურები, რომლებსაც ასტრონომია შეისწავლის და აკვირდება.

MINT-light–ში ყველაფერია, ელექტრომაგნიტური ტალღებით დაწყებული, ლაზერული ტელეფონით, ფოტოვოლტაიკით, ლუმინესცენციით დამთავრებული. სამწლიან პროგრამას მოზარდები საკუთარი პატარა პროექტით ასრულებენ.

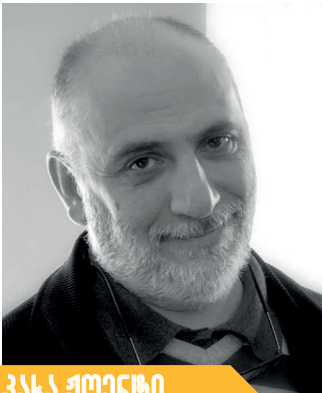
ამ გამოცდილებას შვეიცარიაში კარგი გამოხმაურება მოჰყვა. ბაზელის პედაგოგიურმა უნივერსიტეტმა, რომელიც ჩვენს პირველ გამოშვებას სამი წელი სწავლობდა, მაღალი შეფასება მოგვცა.

აქამდე შეგნებულად მხოლოდ STEM-ზე ვსაუბრობდი. წარმოდგენილია, მანქანაზე მხოლოდ ტექნიკური მონაცემებით ისაუბრო და ყურადღება

არ მიაქციო დიზაინს, გარეგნულ მხარეს. ნებისმიერი საინჟინრო პროდუქტი და დიზაინი განუყოფელია. ამიტომ STEAM-ფორმა ბევრად უფრო ბევრისმთქმელია, ვიდრე STEM ან მისი გერმანული შესატყვისი MINT. ჩვენს MINT-build პროგრამაში ხატვისა და ინფორმატიკის მასწავლებლები აცნობენ არქიტექტურულ „სოფტვერს“ და აკეთებენ არქიტექტურულ პროექტებს. STEM-ის იდეის art-ამდე და სხვა საგნების გაფართოების უამრავი საინტერესო პროექტი არსებობს. მათგან გამოვყოფდი Novel Engineering-ს, რომელიც წარმოადგინეს ტაფტის უნივერსიტეტში. მოსწავლეები კითხულობენ ნაწარმოებს და შემდეგ ცდილობენ, დაამზადონ ამ თხზულებაში აღწერილი საგნები. წარმომიდგენია, ასეთი მიდგომა რამდენად საინტერესო უნდა იყოს ორივე დისციპლინისთვის. ნაწარმოებში ნახსენები ნავი რომ გააკეთო, საოცარი ყურადღებით უნდა წაიკითხო ტექსტის ის ადგილები, სადაც ნავია ნახსენები, აღწერილი. ამის შემდეგ სცენები გაიაზრო და ბოლოს შეუდგე ტექნიკურ ხორც-შეხმას.

„STEAM-ის პროექტის წარმატების რეცეპტია სკოლის რესურსების სრულად გამოყენება. ყველა ფიზიკოსს არ შეუძლია ასტრონომიის კურსის ჩატარება და ყველა სკოლას არ აქვს კარგი ტელესკოპი. ამიტომ, ჩემი აზრით, აუცილებელია იმ რესურსების გამოყენება და ათვისება, რაც სკოლას გააჩნია. თუ ფიზიკის მასწავლებელი კარგად უკრავს ინსტრუმენტზე, სასურველია შესთავაზოს მოზარდებს პროექტი „ფიზიკა და მუსიკა“, რომლის ფარგლებში მარტივი მუსიკალური ინსტრუმენტების გააკეთება შეიძლება. ალბათ, ეს არის წარმატებული მოდელის საიდუმლო. დღემდე ჩვენი ჯგუფი ცდილობს, საკუთარი ძლიერი მხარე თუ ჰობი პროექტის ნაწილად აქციოს“. ■

თუ ფიზიკის მასწავლებელი კარგად უკრავს ინსტრუმენტზე, სასურველია შესთავაზოს მოზარდებს პროექტი „ფიზიკა და მუსიკა“, რომლის ფარგლებში მარტივი მუსიკალური ინსტრუმენტების გააკეთება შეიძლება. ალბათ, ეს არის წარმატებული მოდელის საიდუმლო. დღემდე ჩვენი ჯგუფი ცდილობს, საკუთარი ძლიერი მხარე თუ ჰობი პროექტის ნაწილად აქციოს.



კახა შლენი

რასობა STEM-ი?

მასხენდება 2019 წელს ერთ-ერთი პირველი შეხვედრა მოსწავლეების ჯგუფთან, რომელიც STEM პროგრამასთან არსებულ კლუბ „ჩხირკედელაში“ გვესტუმრა. შერეული ჯგუფი იყო – მეექვსე, მეშვიდე, მეცხრე და მეთერთმეტე კლასის მოსწავლეები. ინტერესით აკვირდებოდნენ ახლადშეძენილ ხელსაწყოებს, გარემოს, რომელსაც საინტერესო პროექტებსა და მოდელებზე მუშაობის განწყობა უნდა შეექმნათ მათთვის. პირველი კითხვა, რომელიც დავსვი, იყო:

– გაინტერესებთ ბუნებისმეტყველება?

– რა? – დაიბნენ...

– ნუ, ფიზიკა, ქიმია და...

– ააა! ისე რა, მაგრამ საინტერესოც არის. რამდენიმე თვე გადააქნია – არააა.

– კომპიუტერთან მუშაობა?

– კი!

– მოდელებს აკეთებთ, რომლებიც მუშაობენ ან პროგრამირდებიან?

– რობოტებს?

– ნუ მაგათაც, მოდელებს...

– აუ, კი! ეგ საინტერესოა.

– და როგორი მოდელების გაკეთებას ისურვებდით? საერთოდ, ყველაზე საინტერესო რაზეც გისაუბრიათ ან წაგიკითხავთ რა იყო?

– მე მარსზე გავფრინდებოდი! – ყველას გაეცინა.



– რა გაცინებთ, ილონ მასკი რომ აპირებს მარსზე დასახლების შექმნას, გაგიგიათ?

– კი, კი – ერთხმად...

– და სად იცხოვრებთ? შეძლებთ მარსზე ცხოვრებას? – სიჩუმე ჩამოვარდა და ყველა ყურადღებით გვიყურებს. ამ დროს ნუგზარმა გააგრძელა:

– მოდი გავაკეთოთ მარსზე საცხოვრებელი სახლის მოდელი, რას იტყვით? ხომ დაგჭირდებათ ჰაერი და საკვები? ისე კიდევ რა დაგჭირდებათ მარსზე?

– „ბიოსფერო-2“ პროექტი გაგონილი გაქვთ? არიზონას უდაბნოში!

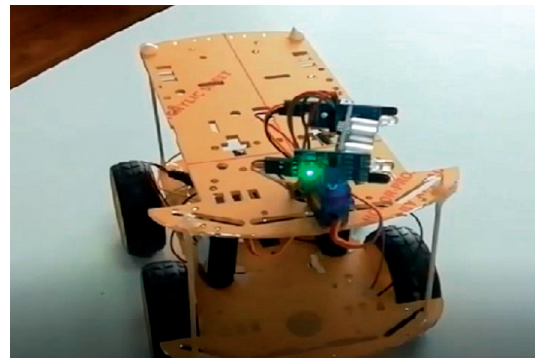
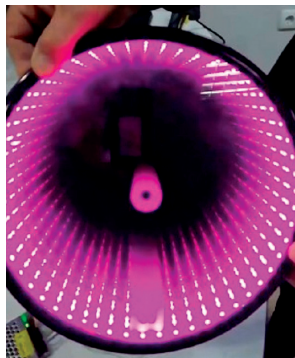
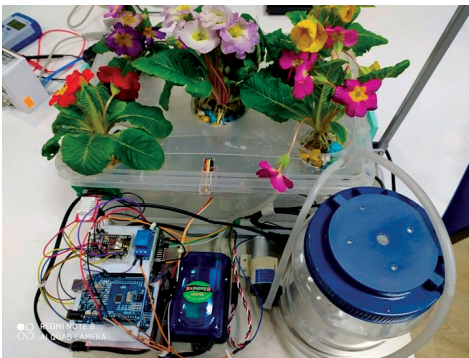
და დაიწყო დისკუსია, დაგეგმვა, მუშაობა სხვადასხვა მოდელსა თუ კონსტრუქციაზე.

ასე ამუშავდა კლუბი „ჩხირკედელა“ ჩვენს ცენტრში, შემდეგ ერთ-ერთ თბილისის სკოლაში, კიდევ გორში, სოფელ სამღერეთსა და ეშტიაში... და ეს პროცესი დღემდე გრძელდება!

მოდელები, პროექტები, წაკითხული წიგნები, მათ შორის, „უინტერესო“ სახელმძღვანელოები და უამრავი მოძიებული საინტერესო აღმოჩენა და კვლევა, ტექსტი, სქემა თუ ვიდეო სხვადასხვა მოდელის ასამუშავებლად. მუშაობა სახლში, გაკვეთილების შემდეგ დარჩენა, შაბათ-კვირასაც კი. სიხრული, როცა აინთება, ხმას გამოსცემს და ამუშავდება:



„საქართველოში PISA-ში მონაწილე მოსწავლეთა ნახევარზე მეტი აღნიშნავს, რომ სიამოვნებით სწავლობს საბუნებისმეტყველო საგნებს.“



– ამუშავდააა! კი, მასწ, ამუშავდა! ამასაც ხომ დავამატებთ? – და ასე დაუსრულებლად.

ამ დიალოგის ობიექტურობის მეცნიერულ დასაბუთებად შეიძლება ჩავთვალოთ PISA-ს საერთაშორისო კვლევის მონაცემი:

„საქართველოში PISA-ში მონაწილე მოსწავლეთა ნახევარზე მეტი აღნიშნავს, რომ სიამოვნებით სწავლობს საბუნებისმეტყველო საგნებს. მოსწავლეთა ეპისტემიური წარმოდგენების ინდექსი PISA-ში ზომავს, თუ რა ხარისხით უჭერენ მხარს მოსწავლეები მეცნიერულ მიდგომას – იზიარებენ თუ არა შეხედულებას, რომ ცოდნა განვითარებადი და ცვალებადია და ის სამეცნიერო ძიებას უნდა ეფუძნებოდეს. საქართველოში ეპისტემიური წარმოდგენების ინდექსში შემავალ დებულებებს ათიდან რვა მოსწავლე ეთანხმება. ეს მაჩვენებელი OECD-ის ქვეყნების საშუალო მაჩვენებლის მსგავსია.“¹

მაშინ რატომ არ ირჩევს ჩვენი მოსწავლეების მნიშვნელოვანი ნაწილი **STEM პროფესიებს**? რატომ აჩვენებს დაბალ შედეგებს საბუნებისმეტყველო მიმართულებით PISA-ს და სხვა ანალოგიურ კვლევებში? რატომ ჭირს მაღალტექნოლოგიური, მეცნიერების თანამედროვე მიღწევებზე დაფუძნებული წარმოების განვითარება ჩვენს ქვეყანაში, დამოუკიდებლობის 30 წლის განმავლობაში?

ჩემი აზრით, ამ კითხვებზე პასუხი, ზოგადად, მეცნიერებისა და საბუნებისმეტყველო საგნების სწავლების

STEM პროფესია

პროფესია, როგორც აუარსოვალა მეცნიერების მიმართულებას – ფიზიკას, ქიმიას, ბიოლოგიას, მათემატიკას, თანამედროვე ინჟინრულ და მათემატიკურ ცოდნას, ციფრულ და დიჯიტალურ წიგნიერებას.

**პასუხი გეგმეობისა და საგუნდო მუშაობაზე
საგნის სწავლების მოქმედებითი პარადიგმის
შეცვლის საჭიროებაშია. სწორად რომ
STEM სწავლება არის ის გასაღები, რომელიც
თანამედროვე ქვეყნის განვითარების კარს
გაუღებს ჩვენს შვილებს და მთელ ქვეყანას.**

მოძველებული პარადიგმის შეცვლის საჭიროებაშია. სწორედამ რომ STEM სწავლება არის ის გასაღები, რომელიც თანამედროვე ქვეყნის განვითარების კარს გაუღებს ჩვენს შვილებს და მთელ ქვეყანას. სამწუხაროდ, ჩვენი ჩამორჩენა ამ მიმართულებით მრავალი წლით განისაზღვრება.

- როგორ მოიაზრება დღეს STEM სწავლების ჩარჩო?
- რა ტიპის პროექტები პასუხობს STEM სწავლების საბაზო პრინციპებს?

ერთ-ერთი უახლესი კვლევა ამ მიმართულებით, STEM სწავლების ჩარჩოს ასე განსაზღვრავს:²

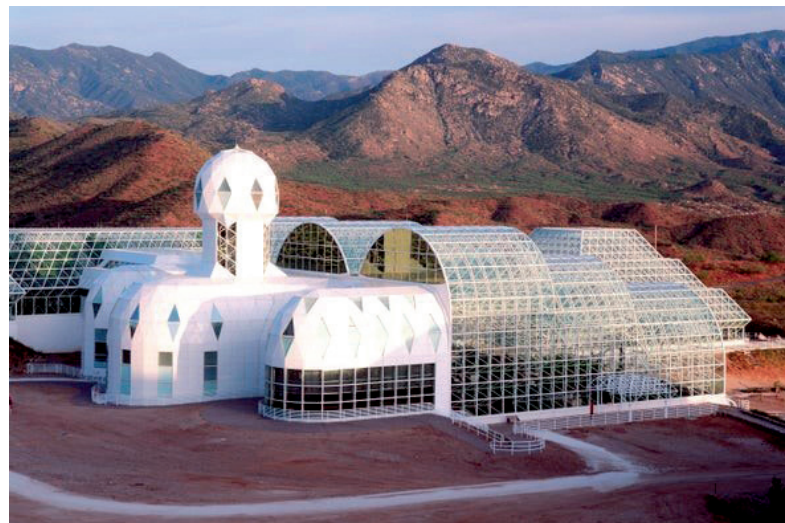
1. **სწავლება ფოკუსირებული უნდა იყოს რეალური სამყაროს, ცხოვრების პრობლემებზე.**

სტატიის დასაწყისში მოცემული მცირე დიალოგი აჩვენებს, რომ ბავშვებს, თავისი არსითა და ასაკობრივი ფსიქოტიპის თვისებებით, დაუოკებლად

აინტერესებთ სამყაროს ახალი გამოწვევები—ჩვენი საცხოვრებელი გარემოს ეკომდგომარეობა, მოსახლეობის ზრდასთან დაკავშირებული ურბანული პრობლემები. მაგალითისთვის, ილონ მასკის ფანტასტიკური გამოწვევა—მარსზე დასახლების შექმნა—არის პრობლემა, რომელიც გულწრფელ ინტერესსა და აზრთა სხვადასხვაობას იწვევს მათში.³

2. **ელექტრონიკური მოდელის მოფიქრებასა და შექმნას უკავია ცენტრალური ადგილი.**

STEM პროექტების საინტერესო მაგალითია ბიოგუმბათის (BioDome) მოდელის მოფიქრება და შექმნა, რომელიც, გარკვეულწილად, იმეორებს ცნობილ პროექტს — „ბიოსფერო 2“⁴. მოდელზე



მუშაობისას მნიშვნელოვანია საზოგადოების სოციოპოლიტიკური ასპექტების გათვალისწინება; მოსწავლეები, ასევე, ფიქრობენ სამეწარმეო შემადგენელზეც — მოდელის ფასზე, სამშენებლო მასალების მასხასიათებლებსა და მოდელის ფუნქციონალურობაზე.

3. **ინტეგრირების საგანს უნდა წარმოადგენდეს კონტექსტი — მდგრადი განვითარების პრობლემის გადაჭრის, ქვეყნის ეკონომიკური ან ეკოლოგიური საჭიროების, რეგიონული თემის ყოფითი თუ აგროეკონომიკური საჭიროება ან პრობლემები.**





მნიშვნელოვანია, STEM პროექტების მოდელზე მუშობა არ გადაიქცეს ტექნიკური უნარების ვარჯიშად. მოსწავლეები უნდა დავაფიქროთ მსოფლიოს, ქვეყნის, მათი რეგიონისა თუ ქალაქის ავთენტურ პრობლემებზე, რომელთა გადაჭრაზეც შესაძლებელია იმოქმედოს იმ ინჟინრულმა თუ მეცნიერულმა გადაწყვეტილებებმა, რომელთა მოდელირებაზეც ისინი მუშაობენ. მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ მზის ენერგიის გამოყენება⁵ ან ჰიდროპონული მეურნეობები.⁶

4. საბუნებისმეტყველო და სხვა საგნების კურიკულუმის შინაარსობრივი ინტეგრაცია.

STEM სწავლების პროცესში არ უნდა დაიკარგოს ცალკეული ინტეგრირებული საგნის აკადემიური შინაარსი. სწორედ შინაარსის გააზრებულმა ცოდნამ უნდა მიიყვანოს მოსწავლე პრობლემის ინჟინ-

რულ თუ პროგრამულ გადაწყვეტამდე. მნიშვნელოვანია სამი დამეტი საგნის ინტეგრირების დონის მიღწევა. ამავე დროს, კავშირები, საკითხები თუ თემები, რომლის გარშემოც ხდება ინტეგრირება, უნდა იყოს ბუნებრივი და ავთენტური. ხელოვნური, მიზეზშედეგობრიობას მოკლებული კავშირები მოსწავლეებში მხოლოდ დაბნეულობას და STEM სწავლების არასწორ ინტერპრეტაციას იწვევს.

მაგალითად, ბიოგუმბათზე მუშაობის პროცესში მოსწავლეები ისწავლიან და გაიაზრებენ მნიშვნელოვან თემებსა და საკითხებს ხუთ საგანში. N 1 ცხრილში, ასევე, მოცემულია საინტერესო და ავტორიტეტული STEM პლატფორმის „ინჟინერიის სწავლების“⁷ (teachengineering) ბმულები, სადაც შესაძლებელია საინტერესო აქტივობების სრულყოფილი კურიკულუმების ნახვა.

საგანი:	თემა ან საკითხები	აპლიკაცია
ბიოლოგია	ჰომეოსტაზის პროცესის მოდელირება	ტემპერატურის რაწვირება სენსორების მიერ და გაციების სისტემის დროული ჩართვა ავტომატურად.
ქიმია	ნახშირბადის წრებრუნვა ბიოსფეროში	„დინოზავრის სუნთქვის შესწავლა“ – ცარციდან გამოყოფილი ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის დადგენა აირის სენსორების გამოყენებით.
ფიზიკა	ენერგიის წყაროები და მისი გარდაქმნა	ელექტროინჟინრული მოდელირება – მზის ენერგიის გარდაქმნა ელექტრობაში, მზის პანელის გამოყენებით.

საგნები:	თემა ან საკითხები	აქტივობა
მათემატიკა	წრფივი განტოლება და მათემატიკური მოდელირება	წრფივი განტოლებების გამოყენება სწორი წრედის შესაქმნელად ჩვენი ბიოგუმბათისათვის
ხელოვნება	ბუნებრივი გარემო და ხელოვნება – არქიტექტურა – ინჟინერია.	პლატონური სხეულების ¹⁴ ფორმის ბიოგუმბათის კონსტრუქციის შექმნა

5. STEM პრაქტიკა, რომელიც მოიცავს ჰიპოთეზები-სა და გარაუდების გამოთქმას, ახსნას მტკიცებუ-ლებების საფუძველზე, ექსპერიმენტების დაგეგმ-ვასა და განხორციელებას, მოდელების შექმნასა და გამოყენებას.

პროექტებზე მუშაობა უნდა მოიცავდეს კვლევით ნაწილს, პრობლემების გადაჭრის გზების ძიებას, ღიადაბოლოებიან პრობლემურ ამოცანებს. კვლევის ციკლის ნაბიჯების დაგეგმვითა და გაგ-ლით, მოსწავლეები მნიშვნელოვან მეცნიერულ უნარებს იძენენ. მათი აზროვნების განუყოფელი ნაწილი ხდება ფაქტებსა და რაოდენობრივ მტკი-ცებულებებზე დაფუძნებული მსჯელობა.

ბიოგუმბათის პროექტში საინტერესო, გადაუწყ-ვეტელი პრობლემაა მისი ავტონომიური ფუნქ-ციონირება, პირველი რეალური პროექტის ისტო-რიის გაცნობა და მეცნიერების მარცხის მიზეზების ძიება, ამ პროცესების მოდელირება საკლასო ოთახში.

პროექტებზე მუშაობა უნდა მოიცავდეს კვლევით ნაწილს, პრობლემების გადაჭრის გზების ძიებას, ღიადაბოლოებიან პრობლემურ ამოცანებს. კვლევის ციკლის ნაბიჯების დაგეგმვითა და გაგვლით, მოსწავლეები მნიშვნელოვან მეცნიერულ უნარებს იძენენ.

ამ პრინციპებისა და მიდგომების ასახვა აუცილებელია პროექტულ სასწავლო გეგმაში, მაგარი ამისათვის უნდა განვითარდეს გეგმა საუკუნის აზროვნებისგან, ინფორმაციის დაგროვებისა და დაგეგმვის, „სწორი პასუხების დაგეგმვის“ კონსტრუქციისგან.

6. 21 საუკუნის უნარების გამოყენებას მოსწავლე STEM პროფესიებთან უნდა მიყავდეს, ესმარებო-დეს შესაბამისი პროფესიების დაუფლებასა და ამ მიმართულების საბაზო უნარების განვითარებაში.

გამორჩეულად უნდა აღინიშნოს გუნდური მუშა-ობის ფორმები და თანამშრომლობის უნარები, რომლებიც გამორჩეულად მნიშვნელოვანია STEM პროფესიებისათვის.

7. STEM პროფესიები

აუცილებელია, მოსწავლეები გაეცნონ STEM პროფესიებს და საინტერესო პიროვნებების საქმიანობას, მნიშვნელოვან აღმოჩენებსა და მიგნებებს, რომლებმაც შეცვალა ადამიანის ცხოვრება, გადაჭრა ბევრი ამოუხსნელი ამო-ცანა.

დღევანდელი წარმოებისთვის მოთხოვნილი STEM პროფესიებია: პროგრამული უზრუნველყოფის შემ-ქმნელი (Software developer), ქიმიური ინჟინერია, ბიოინჟინერია/ბიოსამედიცინო ინჟინერია, ინდუს-

ტრიული ინჟინერია, გარემოს ინჟინერია და სხვა მრავალი.

მოცემულ შვიდ პრინციპზე აგებული სწავლების პროცესი არსებითად განსხვავდება დღევანდელი საკლასო რეალობისგან. ამ პრინციპებისა და მიდგომების ასახვა აუცილებელია ეროვნულ სასწავლო გეგმაში, მაგრამ ამისათვის უნდა განვთავსოთ დღეთ მეოცე საუკუნის ამოცანებისგან, ინფორმაციის დაგროვებისა და დამახსოვრების, „სწორი პასუხების დამახსოვრების“ კონცეფციისგან. ჩვენ გვჭირდება გამჭოლ კონცეფციებზე დაფუძნებული ახალი თაობის სწავლების მიდგომები და სტანდარტები, რომლებიც აერთიანებს მეცნიერების სხვადასხვა დარგს, კვლევას და ინჟინერიის პროცესებს, მეცნიერების დიდ საკვანძო იდეებს.

ასეთი სტანდარტის საუკეთესო მაგალითია მომავალი თაობის მეცნიერების სტანდარტი (Next Generation Science Standards (NGSS))¹⁵, რომელიც 2013 წელს შეიქმნა. (<https://www.nextgenscience.org/>)

აი, ამიტომ STEM-ი არის ჩვენი შვილების მომავლისკენ მიმავალი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი გზა, რომელიც ჩვენი ქვეყნის ეკონომიკური და სახელმწიფოებრივი სიძლიერისკენ წაიყვანს მათ. ■

ლიტერატურა:

1. მოსწავლეთა შეფასების საერთაშორისო პროგრამა PISA. საქართველოს ანგარიში. თბილისი. 2017
2. Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. Gillian H. Roehrig^{1*}, Emily A. Dare², Joshua A. Ellis² and Elizabeth Ring-Whalen³. 2021. SpringerOpen
3. <https://www.spacex.com/human-spaceflight/mars/>
4. <https://biosphere2.org/>
5. <https://www.tbcbusiness.ge/business-support/blogs/solar-energy>
6. <https://agrokavkaz.ge/agroplus/ra-aris-hidroponika-gavphantoth-mithebi-hidroponikis-shesakheb.html>
7. <https://www.teachengineering.org/>
8. https://www.teachengineering.org/activities/view/nyu_homeostasis_activity1
9. https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_carbon_lesson01_activity1
10. https://www.teachengineering.org/activities/view/uoh_organic_activity1
11. <https://www.teachengineering.org/activities/view/mis-1616-electronic-circuit-applications-systems-of-equations>
12. https://www.teachengineering.org/lessons/view/cub_intro_lesson03
13. <https://www.youtube.com/watch?v=atQzidWNt-g>
14. https://en.wikipedia.org/wiki/Platonic_solid
15. <https://www.nextgenscience.org/>

ფიზიკოსი მიჩიო კაკუ STEM განათლებაზე:

„ასალგაზრდებს პურივ, რომ თავის ოცნებებს მიჰყვნენ!“

ავტორი: პ.პ. ფრენკი

20 თებერვალი, 2018 წელი

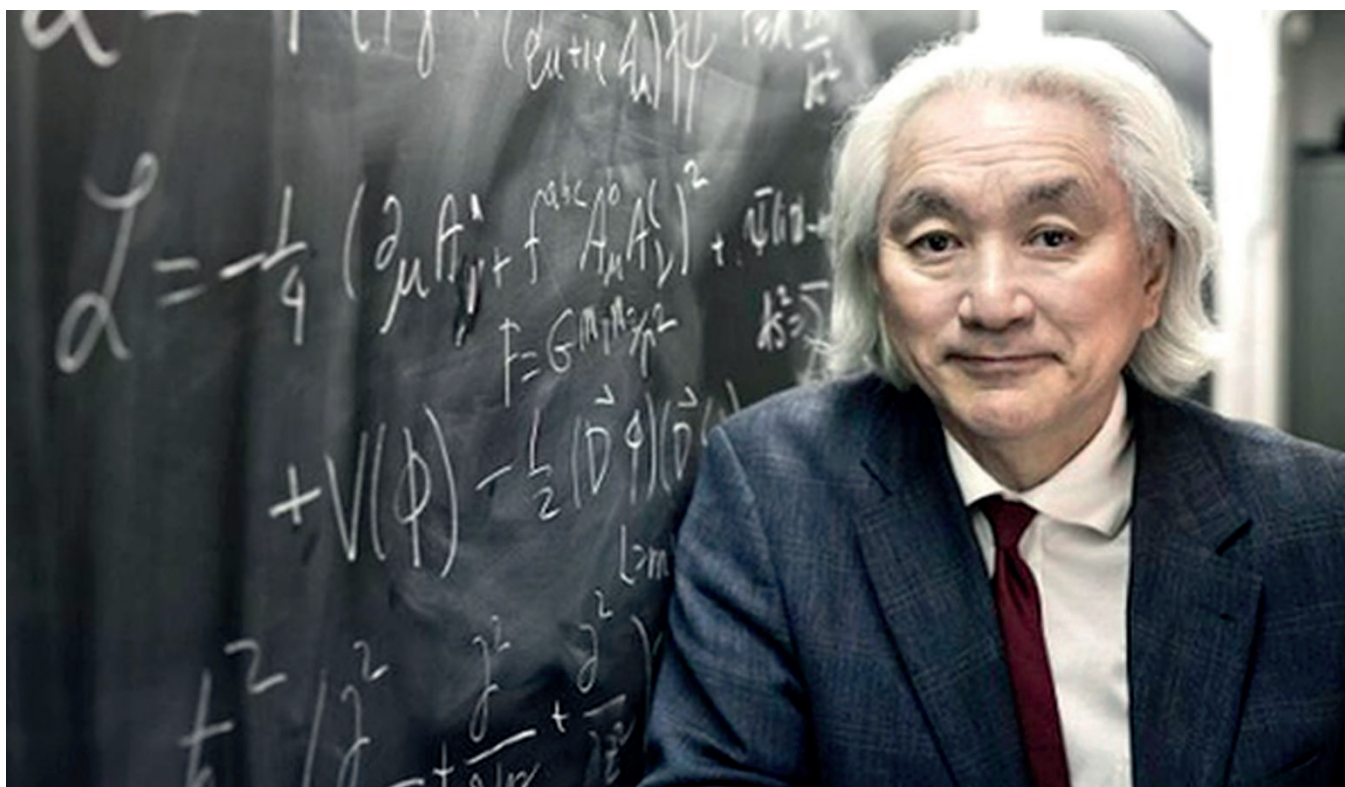
2016 წლის ზაფხულში, ინტერვიუში ჟურნალ Innovation & Tech Today-ს ამავე წლის შემოდგომის ნომრისთვის, სუპერვარსკვლავმა ფიზიკოსმა მიჩიო კაკუმ ისაუბრა განათლებისა და მომავლის ტექნოლოგიების შესახებ. როგორც მეცნიერების ცნობილი სახე, კაკუ გვაძლევს რჩევებს, როგორ დავაინტერესოთ ახლავარდები ნამდვილი მეცნიერებით და გავზარდოთ მათი მოტივაცია. ქვემოთ გთავაზობთ ამ ინტერვიუს ნაწილს.

Innovation & Tech Today: თქვენთვის ერთ-ერთი მისაბაძი პიროვნების, ალბერტ აინშტაინის მსგავსად, აღნიშნეთ, რომ გენიოსის მთავარი მამოძრავებელი ძალა ცნობისმოყვარეობა და მონდომებაა (უფრო მეტი, ვიდრე „ნიჭი“ ან „კარგი გენები“). როგორც მასწავლებელი და მეცნიერების პოპულარიზატორი, როგორ აღვივებთ სხვებში ცნობისმოყვარეობასა და მონდომებას?

მიჩიო კაკუ: ჩვენ ყველა მეცნიერებად ვართ დაბადებული. თითოეული ჩვენგანი ასე იბადება. ვიბადებით და გვიკვირს, მზე ასე რატომ კაშკაშებს. ვიბადებით და ვფიქრობთ, რას ნიშნავს ეს ყოველივე. საიდან მოვდივართ? საით მივდივართ? ამ კითხვების დასასმელად ვიბადებთ. შემდეგ კი, დაახლოებით 10 წლის ასაკში, ეგზისტენციალური შოკი გვეწყება იმის გაცნობიერებით, რომ დედისა და მამის სამყარო იმაზე ბევრად უფრო დიდია, ვიდრე აქამდე წარმოგვედგინა. ეს კი უზარმაზარი მოვლენაა! სამყარო გიგანტურია, საოცრებებით სავსე.

10 წლამდე ჩვენთვის დედა და მამა ყველაფერია, ასე არაა? 10 წლის შემდეგ კი შოკი გვემართება, როდესაც ტელესკოპსა თუ მიკროსკოპში ვიხედებით, პლანეტარიუმში მივდივართ, ასტრონომიის წიგნს ვკითხულობთ. აინშტაინისთვის ეს ყველაფერი კომპასით გზის ძიების თამაშის მსგავსია. გაცნობიერებით, იმის გაგებით, რომ სამყარო წარმოუდგენელია, დიდია და მშვენიერი... და სასურველია, რომ სწორედ ამ დროს გავუგოთ შვილებს, ისინი ცნობისმოყვარეობით აღსავსენი არიან.

დაახლოებით 16 წლის რომ ხდებიან, ყველაფერი სრულდება. აი ასე, უბრალოდ, მთავრდება. იცით, რატომ? თანატოლებისგან წამოსული ზეწოლა მატულობს; მეცნიერება მოსაწყენი ხდება – საბუნებისმეტყველო საგნების გამოცდებისთვის რაღაც უნდა დაიბეპირო. თანატოლების ზეწოლაში კი იგულისხმება ის, რომ ფიქრობენ, ე.წ. „ტვინიკოსა“ ხარ. აქ სოციალურ პირამიდას ჰოლივუდი ქმნის. პირამიდის მწვერვალს მიმხიდვლი ხალხი იკავებს – ფეხბურთელები, მათი სკოლის გულშემატკივრები. პირამიდის



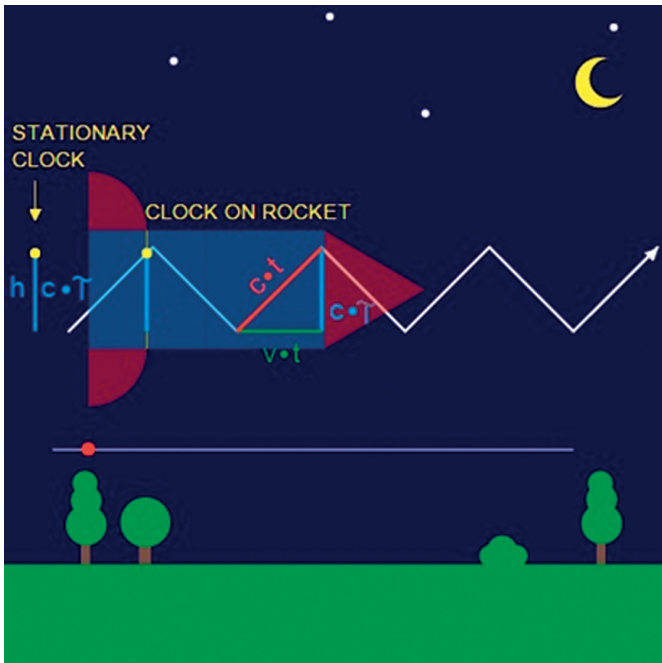
ჩვენ ყველა მეცნიერებად ვართ დაგადებული. თითოეული ჩვენგანი ასე იზალება. ვიგადავით და ვვიკვირს, გზა ასე რატომ კავშირდება. ვიგადავით და ვოიქრობთ, რას ნიშნავს ეს ყოველივე. საიდან მოვდივართ? საით მივდივართ? ამ კითხვების დასასვლელად ვიგადავით.

ძირში კი „ტვინიკოსები“ არიან. ჰოლივუდი სწორედ ამ პირამიდას გვთავაზობს. მაგრამ საქმე იმაშია, რომ არავინ გეუბნება, რომ სულ მალე, სკოლის დამთავრებისას, პირამიდა თავდაყირა დგება და შემდეგ ყველაფერი პირიქითაა.

არა, მომხიზვლელი და ლამაზი ადამიანების წინააღმდეგი არ ვარ. პირიქით, ვულოცავ! მათ გენეტიკურ გათამაშებაში გაიმარჯვეს; მათი საწინააღმდეგო არაფერი მაქვს. მაგრამ ჰოლივუდი იმ ცრუ შთაბეჭდილებას გვიქმნის, რომ ისინი სამუდამოდ პირამიდის მწვერვალზე დარჩებიან. ყველაფერი კი ასე არ მუშაობს.

როდესაც მოსწავლეები ჯერ კიდევ ახალგაზრდები არიან, ისინი გულწრფელად ილტვიან კოლეჯში სწავლისაკენ, კოლეჯის მიღმაც ღია არიან ახალი ცოდნისათვის, რადგან ეს სწორედ ის წლებია, როდესაც სიახლეების მიმართ მიმღებლობა ყველაზე მაღალია. მერე კი ეს ყველაფერი მოსაწყენი საბუნებისმეტყველო კურიკულუმებით და მოსაწყენი მასწავლებლების მიერ იგნრევა. ამას ემატება მეგობრებისა და თანატოლების ზეწოლა, რომ დრო გართობაში დახარჯონ... თუმცა, იცით, სწავლისადმი გულწრფელი დამოკიდებულების შენარჩუნება და განვითარება შესაძლებელია!

აინშტაინის ჩემი საყვარელი ციტატა მდგომარეობს შემდეგში: თუ ბავშვისთვის თეორიის ახსნა შეუძლებელია, მაშინ ეს თეორია, ალბათ, უსარგებლოა. იგულისხმება, რომ ყველა დიდი თეორია პრინციპებსა და აღქმას ეფუძნება. დაფიქრდით, ფარდობითობა დროს, სახაზავს და სარაკეტო ხომალდებს ემყარება; ამაზე მარტივი რა შეიძლება იყოს?! ნიუტონის დინამიკა ორბიტაზე ბურთების



პრინციპების ცოდნა სჭირდება, მაგალითად, როგორ შედის რეაქციაში წყალბადი და ჟანგბადი სხვა ქიმიურ ელემენტებთან. შესაბამისად, საბუნებისმეტყველო განათლება უფრო მეტად საკვანძო პრინციპების გააზრებისკენ უნდა იყოს მიმართული და არა დეტალებისკენ, რომლებსაც თვალის დახამხამებისას კონტაქტურ ლინზებშიც კი ვნახავთ.

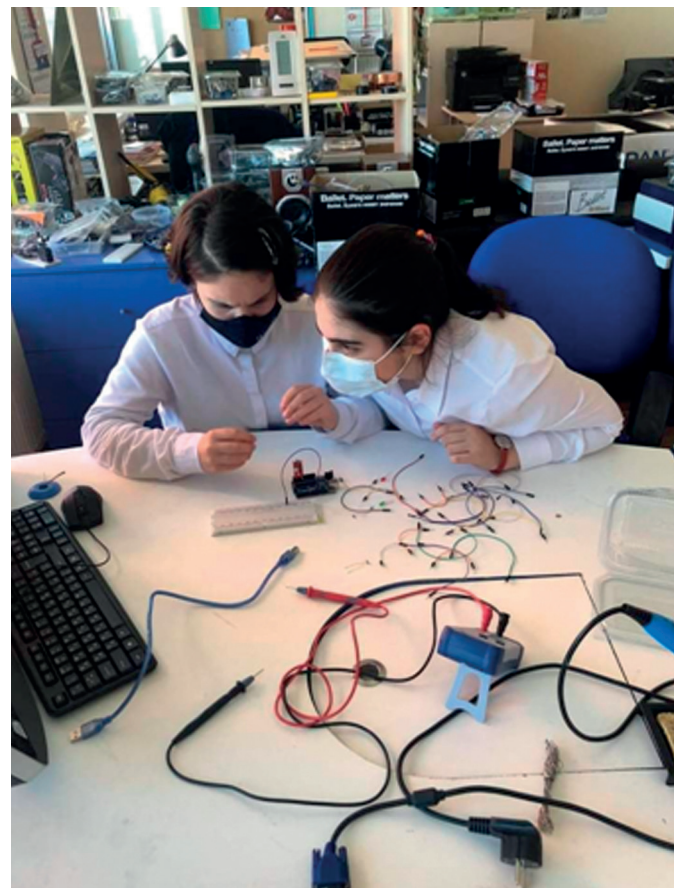
Innovation & Tech Today: ჩვენ STEM განათლება გვცდის. როგორც პიროვნება, რომელმაც სკოლაში სწავლის პერიოდში თავის ავტოფარეხში ელექტრონის აქსელერატორი ააწყო, რას ურჩევდით ახალგაზრდა ტექნოლოგიასტებს/მეცნიერებს?

როდესაც მოსწავლეები ჯერ კიდევ ახალგაზრდები არიან, ისინი გულწრფელად ილტვიან კოლეჯში სწავლისაკენ, კოლეჯის მიღებას ღია არიან ახალი ზოგადი განათლების, რადგან ეს სწორედ ის წლებია, როდესაც სიხალისის მიმართ მიმდებარე ყველაზე მაღალია. მეჩა კი ეს ყველაფერი მოსაწყენი საგნებისგან უფრო პრაქტიკული და მოსაწყენი განათლების მიერ იზრდება.

სხვა ბურთების გარშემო ბრუნვას ემყარება. ამის სურათიც არსებობს!

მეცნიერების ყველა დიდი პრინციპის უკან წარმოსახვის უნარი დგას, მაგრამ ამ ყველაფერს ასე არასდროს ვასწავლით. სკოლაში ასე არ ისწავლება. ვასწავლით მხოლოდ დაბეპირებით, დაბეპირებას კი მეცნიერებას ვეძახით. მეცნიერება დაბეპირებაზე სულაც არ დგას. სამომავლოდ, პერიოდული სისტემა კონტაქტურ ლინზებში გვექნება. უბრალოდ თვალს დაახამხამებ და პერიოდული სისტემა გამოჩნდება; დაბეპირება აღარ მოგიწევს. მაგრამ მის გამოყენებას

მიჩიო კაკუ: მართალია. როდესაც სკოლაში ვსწავლობდი, ავტოფარეხში ელექტრონების 2.3 მილიონი ელექტრონ-ვოლტიანი ბეტატრონული აქსელერატორი (ამაჩქარებელი) ავაწყვე. ის ნიკილოვან ელექ-



**მეცნიერების ყველა დიდი პრინციპის უკან
წარმოსახვის უნარი დგას, მაგრამ ამ ყველაფერს
ასე არასდროს ვასწავლით. სკოლაში ასე არ
ისწავლება. ვასწავლით მხოლოდ დაზავიერებით,
დაზავიერებას კი მეცნიერებას ვეძებთ.**

ტროენერგიას (სიმძლავრეს) მოიხმარდა; შექმნა 10,000 გაუსის მქონე მაგნიტური ველი, 20-ჯერ უფრო მეტი, ვიდრე დედამიწის მაგნიტური ველია. ასე რომ, ღმერთო ჩემო, ხალხს რა რჩევა უნდა მივცე?

უცნაურად ჟღერს, მაგრამ თქვენს ოცნებებს უნდა მიჰყვეთ. უამრავ ელექტრონულ წერილს ვიღებ ცნობილი ადამიანებისგან. ისინი იურისტები და ბუღალტრები არიან, საზოგადოებაში თავი დაიმკვიდრეს და კარგი რეპუტაციით სარგებლობენ, მაგრამ ეს პროფესიები მხოლოდ იმიტომ აირჩიეს, რომ მათ მშობლებს სურდათ მათი ამ სფეროში მოღვაწეობა. ახლა ისინი ძალიან წარმატებულები არიან და მიუხედავად ამისა, მეკითხებიან – ძალიან გვიანია თუ არა მათთვის ფიზიკოსობა.

მათ მხოლოდ პრაქტიკულობის თვალსაზრისით არ მიეცათ საშუალება, თავის ოცნებებს გაჰყოლოდნენ. მშობლებს სურდათ საკუთარი ბიზნესები ჩაეხრებინათ შვილებისთვის, რათა მათ ფინანსური წარმატებისთვის მიეღწიათ, თუმცა, ყოველივე ამან ადამიანებს, რეალურად, სიცარიელის გრძნობა დაუტოვა. ახალგაზრდობისას მათ შთაგონებაც ჰქონდათ; ბავშვობაში ის ეგზისტენციალური შოკიც მიიღეს, თუმცა მას ვერაფერი მოუხერხეს, რადგან მშობლები მოუწოდებდნენ, ენერგია ბიზნესის სწავლაში ჩაედოთ, რათა შემდგომ ოჯახის ბიზნესი გადაეხრებინათ და ა.შ.. ასე რომ, ხალხს მივმართავ, მიჰყვენ თავის ოცნებებს.

ბავშვობაში, მგონი, მეოთხე კლასში ვიყავი, ბროშურა წავიკითხე, რომელზეც შემდეგი კითხვა ეწერა – „რა აქვთ საერთო ფიზიკოსებსა და ბეისბოლის მოთამაშეებს?“, ვიფიქრე, რომ საინტერესო კითხვა იყო.

ბროშურა გავხსენი და პასუხი წავიკითხე: „ორივეს ფულს იმაში უხდიან, რისი კეთებაც უყვართ“. ჩემთვის ვთქვი, რომ შესანიშნავი პასუხი იყო. ბეისბოლის მოთამაშეებს ფულს იმაში უხდიან, რისი კეთებაც უყვართ და ჩვენც, ფიზიკოსებსაც იმაში გვიხდიათ, რისი კეთებაც გვიყვარს. დიდებულია! ხალხს ვურჩევ, რომ თავის ოცნებებს მიჰყვენ; სიღრმეებში ჩავიდნენ, რათა ბუნების საიდუმლოებები ამოიკნონ და, იმედია, ცისარტყელას ბოლოს ფულსაც მიიღებენ იმაში, რისი კეთებაც უყვართ. ■

ლიტერატურა:

1. French, P.K., Physicist Michio Kaku on STEM Education, Innovation & Tech Today, February 20, 2018, <https://innotechtoday.com/michio-kaku-talks-stem-education/>

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა სწავლების პრობლემები

ინტერვიუ ანდრია როგავასთან

რატომ არის პრობლემური ჩვენს სკოლებში საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სწავლება?

პრობლემა არის მრავალგანზომილებიანი. ფინანსური და მატერიალური პრობლემები, ლაბორატორიების აღჭურვილობა, მასწავლებლების დეფიციტი; მაგალითად, ფიზიკის მიმართულებით სულ უფრო მცირდება მათი რაოდენობა ისე, რომ ზოგი სკოლა საერთოდ ვერ პოულობს მასწავლებელს. ჩამოთვლილი, სკოლასთან დაკავშირებული პრობლემების ერთი მხარეა. უფრო და უფრო რთული ხდება ფიზიკის მაღალ დონეზე სწავლება.

მაგრამ პრობლემის საფუძველი კიდევ უფრო ღრმა არის. ჩვენს ქვეყანაში, საზოგადოებაში არ არსებობს, ზოგადად, ბუნებისმეტყველებისადმი ინტერესის კულტურა. მეცნიერება თითქოს გაირიყა, მედიასივრციდან გაირიყა, სოციალურ ქსელებშიც ნაკლებად არის საუბარი მეცნიერებაზე. მწარე სიმართლეა, რომ ბავშვები სკოლას ამთავრებენ და ბევრად მეტი სმენიან ასტროლოგიაზე, ვიდრე ასტრონომიაზე. და ეს ბუნებრივია, თითქმის ყველა სატელევიზიო არხს ჰყავს თავისი ასტროლოგი და ამ დროს, 12 წელი ბავშვი სწავლობს სკოლაში, რომელშიც ასტრონომია თითქმის გაქრა პროგრამიდან.

თუ არის ამ მეცნიერების ხსენება მასმედიაში, მხოლოდ რაღაც მოვლენის სახით, მხოლოდ ინფორმაციის დონეზე, ყოველგვარი კომენტარისა და შინაარსის გარეშე, ახსნის გარეშე თუ რატომ არის ეს საინტერესო. მეჩვენება, რომ ინფორმაციის მიმართაც მომხმარებლური დამოკიდებულება გვაქვს, არ ვცდილობთ, გავიგოთ ან გავიაზროთ მოვლენა.

მეცნიერება არ არის მხოლოდ საკვირველი და აღმაფრთოვანებელი ამბავი; ეს ისეთი რამეა, რაც შენც შეგიძლია გააკეთო, ისწავლო და ნაწილი გახდე დიდი და საინტერესო მოვლენისა. ეს არის ის, რასაც შეიძლება მიუძღვნა ცხოვრება. მეცნიერება კულტურის ის ნაწილია, რომელიც უბიძგებდა ადამიანს დიდი აღმოჩენებისკენ! ამ მიმართულებით ყოველთვის ყველაზე ნიჭიერი, შემოქმედი ადამიანები მიდიოდნენ და ცხოვრებას უძღვნიდნენ მეცნიერებას.

მე მყავს ნაცნობები, ამერიკელი მეცნიერები, რომლებიც სწავლობენ მარჯნის რიფების სიცოცხლეს, იყენებენ თანამედროვე ტექნოლოგიებს, დრონებს; ისე საინტერესოდ აქვთ ეს ინფორმაცია მოწოდებული ვებგვერდზე, რომ მიუხედავად იმისა, ხარ ამ თემატიკით დაინტერესებული თუ არა, მოგინდება ჩაერთო პროცესში; აქვე ჩანს უამრავი ახალგაზრდა, რომელიც მონაწილეობს ამ კვლევებში. მთელი

ეს კვლევა და საქმე საოცრად მიმზიდველად არის წარმოდგენილი.

<http://asnerlab.org/projects/allen-coral-atlas-to-promote-improved-coral-reef-management-and-conservation-worldwide/>

<https://www.facebook.com/asnerlab/>

ჩვენს საზოგადოებაში საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების წარმომადგენელთა მიმართ არსებობს სტერეოტიპი: დიახ, არსებობენ საინტერესო და ჭკვიანი ადამიანები, მაგრამ ცოტა შერეკილები არიან, არაამქვეყნიურები, ცხოვრებას მოწყვეტილები... სამწუხაროდ, მახსოვს ასეთი დამოკიდებულება — მაგალითად, რად გვინდა ჩვენი გეოლოგები, ჩამოვიყვანთ და ისინი მოგვიძებნიან... და დაკნინდა არაერთი მეცნიერული მიმართულება...

ეს არის პარაზიტული დამოკიდებულება რეალობისადმი: რაში გვჭირდება მეცნიერება; ჩვენ ყოველდღიური ცხოვრებისეული პრობლემები გვაქვს გადასატრელი და თუ დაგვჭირდება ვინმე, „ჭკვიან სპეციალისტს“ მოვიწვევთ და ის გაგვიკეთებს; მეცნიერება ფუფუნებაა მდიდარი ქვეყნებისათვის, თუმცა, შეიძლება ჩვენშიც იყოს ერთი-ორი კაცი, ვისაც უნდა ამის კეთება და აკეთოს...

STEM საგნების სწავლებაზე აქცენტი ან სპეციალიზებულ (ფიზიკა-მათემატიკური სკოლები, მაგალითად) სკოლებშია გადატანილი, ან კერძო სკოლებში, რადგან მხოლოდ მათ აქვთ თანამედროვე მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის შექმნის შესაძლებლობა ამ მიმართულებით. ხომ არ გეჩვენებათ, რომ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა სწავლებაზე სოციალური უთანასწორობა აისახება?

პრობლემაა, რომ მაღალი დონის განათლება გახდა სოციალურად უფრო დიფერენცირებული.



ჩვენ ვართ სიტუაციაში, როდესაც ხარისხიან განათლებას ყველა ვერ იღებს. დღეს განათლების ხელმისაწვდომობა გარანტირებულია სახელმწიფო დონეზე, მაგრამ ვერ ვხედავთ, რამდენად არის ის ხარისხიანი.

ამ დროს, მე მყავს სტუდენტები, რომლებიც პირდაპირ საჯარო სკოლიდან მოვიდნენ, აქვთ დიდი ნიჭი და ხალასი გონება, თუმცა, გამონაკლისის სახით გვხვდებიან ძლიერი სტუდენტები, რომლებიც სპეციალურ ფიზიკა-მათემატიკურ ან ძლიერ კერძო სკოლადამათავრებულებს არ უდებენ ტოლს.

და მაინც, თქვენი გამოცდილებიდან გამომდინარე, რა გზა არსებობს, რომ დავაინტერესოთ სკოლის მოსწავლეები საბუნებისმეტყველო საგნების სწავლებით? ისე დავაინტერესოთ, რომ მომავალში ამან პროფესიულ არჩევანზე იმოქმედოს.

ერთ მაგალითს მოგიყვანთ: ილიას უნივერსიტეტში უკვე დაახლოებით ათი წელია ვასწავლი არჩევით საგანს „მეცნიერების ამოხსნილი და ამოუხსნელი საიდუმლოებანი“. ამ კურსის მიზანია, დაანახოს სტუ-



ჩვენს ქვეყანაში, საზოგადოებაში არ არსებობს, ზოგადად, გუნებისგანსხვავებული ინტერესის კულტურა. გუნებისგანსხვავებული ინტერესის გეგმირება თითქმის გაირიყა, გეგმირებასთან გაირიყა, სოციალურ ქსელებშიც ნაკლებად არის საუბარი გუნებისგანსხვავებაზე.

დენტს, როგორი საინტერესოა გუნებისგანსხვავება და როგორ უფრო და უფრო მულტიდისციპლინური ხდება ის. ამ საიდუმლოებათა უმეტესობა იმდენად კომპლექსურია, რომ მათი ამოხსნა მოითხოვს სხვადასხვა დარგის გუნებისგანსხვავებას ერთობლივ ძალისხმევას.

ბევრი სტუდენტი ირჩევს, ინტერესდება ამ საგნით და საგულისხმოა, რომ საუბრებში ბევრი მათგანი ამბობს: „ფიზიკა ყოველთვის მაინტერესებდა, მაგრამ მეშინოდა...“, „მეგონა რომ ამის გაგება ერთეულებს შეეძლოთ, მაგრამ ახლა, როცა ამ ფორმით ვისმენ, ვხვდები, რომ ამის გაგება ჩემთვისაც შესაძლებელია“.

როცა საბუნებისმეტყველო გუნებისგანსხვავებებს არასწორად ვასწავლით, ადამიანს ვუჩენთ არასრულფასოვნების კომპლექსს—რომ გუნებისგანსხვავება არის რაღაც, რასაც ის ვერასდროს დაძლევა...

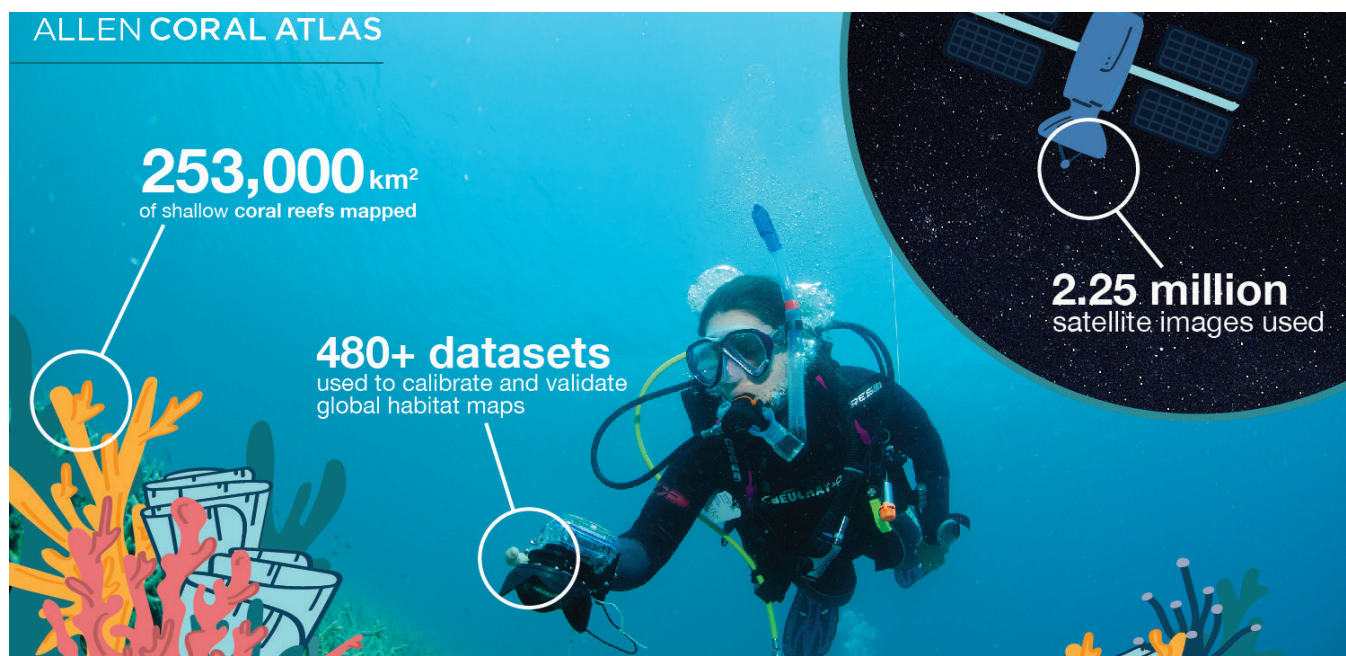
არ მინდა ისე გამოვივიდე, თითქმის გუნებისგანსხვავება ადვილი საქმეა. მას ბევრი შრომა სჭირდება, უამრავი სირთულის გადალახვა; ეს არ არის გართობა...

გუნებისგანსხვავების სწავლება სხვანაირად არის საჭირო. ადამიანს უნდა გაუჩინო განცდა იმისა, რომ ამ საიდუმლოს ამოხსნა ძნელია, მაგრამ დაძლევადაა სწორედ იმიტომ, რომ ძალიან საინტერესოა!

ჩემი საყვარელი ფრაზებია: „ახლა რასაც აგისხნით, შეიძლება რთულად მოგეჩვენოთ, მაგრამ სამაგიეროდ ძალიან საინტერესოა“; „პირველი წაკითხვით შეიძლება გაუგებარია, მაგრამ თუ ჩაეძიებით და თქვენთვის გააკეთებთ, დაინახავთ, რა საინტერესო და აზარტული განცდაა პასუხის ძიება“; „რთული იმიტომია, რომ საინტერესოა! მაგრამ ძალისხმევა და ჩაღრმავება დაგაძლევინებს; შენ დაგეუფლება ისეთი განცდა, თითქმის რთულ მწვერვალს იპყრობ ლაშქრობის დროს!“

როგორც უკვე აღვნიშნე, მნიშვნელობა აქვს სწორად მიწოდებას, გუნებისგანსხვავებული ცოდნის გონივრულ პოპულარიზაციას საზოგადოებაში.

მახსენდება, ერთხელ სოლიდურ და ცნობილ გამოცემლობას ვეხმარებოდი, რომელიც თარგმნიდა სამეცნიერო ენციკლოპედიას. შეხვედრაზე შევთა-



ვაზე ეთარგმნათ, ასევე, ქალბატონ დავა სობელის (https://en.wikipedia.org/wiki/Dava_Sobel) წიგნი, ბესტსელერი თუ როგორ მოხდა გრძელის პრობლემის გადაჭრა — „Longitude“. ეს არის საოცარი ისტორია, რომელიც მე-16-18 საუკუნეებში ხდებოდა — აღმოაჩენდნენ ახალ მიწას და მერე კარგავდნენ! არ ჰქონდათ ინსტრუმენტი, რომელიც ზუსტად განსაზღვრავდა კოორდინატებს. მაგალითად, სოლომონის კუნძულები დაკარგეს ესპანელებმა! აღმოაჩინეს და შემდეგ კარგა ხანს ველარ პოულობდნენ. ბრიტანეთის მეცნიერებათა აკადემიამ დააწესა პრიზი იმისთვის, ვინც ზღვაში გრძელისა და განედის ზუსტი განსაზღვრის ინსტრუმენტს შექმნიდა. და ვინ გადაჭრა ეს პრობლემა? დურგალმა, რომელიც საათებსაც ამზადებდა. ამ ოსტატმა ჰარიზონმა შექმნა პირველი ზუსტი ქრონომეტრი. სწორედ ამ საოცარ გამოგონებაზე მოგვითხრობს წიგნი, რომელმაც სამყარო შეცვალა!

მახსოვს განცდა, რომელიც დამეუფლა ამ საოცარი თავგადასავლის წაკითხვისას: „ნეტა ბავშვობაში წამეკითხა ეს ამბავი“.

და როცა გამომცემლობას ამ საინტერესო წიგნის თარგმნა შევთავაზე, პასუხად მივიღე: ასეთი ტიპის

პრობლემა, რომ გეგალი დონის განათლება გახდა სოციალურად უფრო დიფერენცირებული. ჩვენ ვართ სიტუაციაში, როდესაც ხარისხიან განათლებას ყველა ვერ იღებს.

წიგნების თარგმნას ვერიდებითო. უცხოენოვანი სამეცნიერო წიგნების მიმართ არის მიდგომა — ითარგმნება წიგნი, რომელიც გარანტირებულად გაიყიდება და ასეთად ითვლება: ილუსტრირებული, ფერადი, მოკლე ინფორმაციებით, ცოტა „ზედაპირული“, იოლად აღსაქმელი წიგნები, ბევრი სურათით და ცოტა ტექსტით.

როგორ ფიქრობთ, რამდენად შესაძლებელია, „ვიზოვოტ ყველასათვის დაძლევადი პირველი ნაბიჯები“, რომელიც არ გააჩენს „სირთულის შიშს“. შესაძლებელია კომპლექსური ხედვის შემოტანა ბუნებისმეტყველების სწავლებაში?

ჩემი აზრით, უნდა დავიწყოთ დაწყებითი საფეხურიდან. დაბალ კლასებშიც კი უნდა გაძლიერდეს

ბუნებისმეტყველების საინტერესო საკითხების, იდეების სწავლება.

აუცილებელია ტურნირების ჩატარება. მომეწონა, რომ ტარდება ნორჩ ნატურალისტთა ტურნირები, სადაც ჩვენი ქვეყნის გუნდები ხშირად იმარჯვებენ. ტურნირის სპეციფიკა ის არის, რომ გუნდები ერთმანეთთან დისკუსიას მართავენ, სწავლობენ პოლემიკას, კითხვის დასმას, მონაწილეობენ აზრთა ჭიდილში.

რატომ არ შეიძლება ამგვარი ტურნირების უფრო ფართოდ, სხვადასხვა საგანში ჩატარება საქართველოში?

გეთანხმებით, რომ ტურნირები ინტერესისა და მოტივაციის გამაძლიერებელია, მაგრამ ხომ არ გამოიწვევს ეს მეტ დაყოფას ე.წ. „ძლიერებად და სუსტებად“, ხომ არ იქცევა ტურნირები „ძლიერების“ სივრცედ და „შეაშინებს“ დანარჩენებს?

როგა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებს არასწორად ვასწავლით, ადამიანს ვუჩინოთ არასრულფასოვნების კომპლექსი – როგო მეცნიერება არის რაღაც, რასაც ის ვერასდროს დაძლევს...



გეთანხმებით, რომ ასეთი საშიშროება არსებობს, მაგრამ ტურნირები სისტემის მნიშვნელოვანი ელემენტია.

ასეთ მაგალითს მოვიყვან – თვითმფრინავის აშენებარომსცადო, მარტო პროპელერის/ფრთის გამოყენებით, ვერ გაფრინდები. თვითმფრინავი დაფრინავს იმიტომ, რომ ის რთულ სისტემას წარმოადგენს, რომელიც ამ მიზნით არის შექმნილი.

ტურნირიც განათლების სისტემის ნაწილი უნდა იყოს.

ჩვენ, უმეტესწილად, ჩვენს ქვეყანაში სისტემური გამოცდილება კი არ გადმოგვაქვს, არამედ მხოლოდ ნაწილები, ცალკეული ელემენტები; სახელს ვუცვლით და მერე ვხედავთ, რომ არ მუშაობს.

მე ხშირად ვესაუბრები სტუდენტებს, ვუბიძგებ დაფიქრებისკენ, მივმართავ კითხვებით:

რატომ შექმნა ადამიანმა მეცნიერება? დაავალეს? საიდან მოდის ცნობისმოყვარეობა? რატომ დაიწყო ცაზე დაკვირვება და კანონზომიერებების შემჩნევა და შესწავლა?

ასე მიწოდებული მეცნიერული ფაქტები და მოვლენები ბავშვში აჩენს მნიშვნელოვან იმპულსს:

ეს არის ის, რაც ჩემნაირებმა გააკეთეს და მეც შევძლებ; პირველი მეცნიერები იყვნენ ჩვეულებრივი ადამიანები.

მნიშვნელოვანია, დავძლიოთ მოსწავლეებში მცდარი ხედვები – რომ მეცნიერება ელიტური საქმიანობაა; რომ მეცნიერება არ არის „პრაქტიკული, ცხოვრებისეული“.

ანდრო, ისევ იგივე საკითხს მინდა მივუბრუნდე – როგორ მოვახერხოთ, რომ STEM სწავლება, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებით დაინტერესება გავხადოთ მასობრივი, ყველასთვის, ნებისმიერი სოციალური ჯგუფისთვის ხელმისაწვდომი? ჩვენს კლუბ „ჩხირკედელაში“ სწორედ ამ გზებს ვეძებთ...



საგანის საჯარო სკოლის მოსწავლეების მიერ შექმნილი ქარის დენის გენერატორი

ტურინის უნივერსიტეტში მუშაობის დროს აღმოვაჩინე, რომ ტურინის უნივერსიტეტის პროფესორის ბავშვები დადიოდნენ საჯარო სკოლებში. ხუმრობაც კი არსებობდა კერძო სკოლებზე – „ეს არის ადგილი, სადაც მდიდრები ყიდულობენ დიპლომებს“. მე შორს ვარ ასეთი შეფასებისგან, მაგრამ იქ ხარისხიან განათლებასთან, პირველ რიგში, საჯარო სკოლა ასოცირდებოდა.

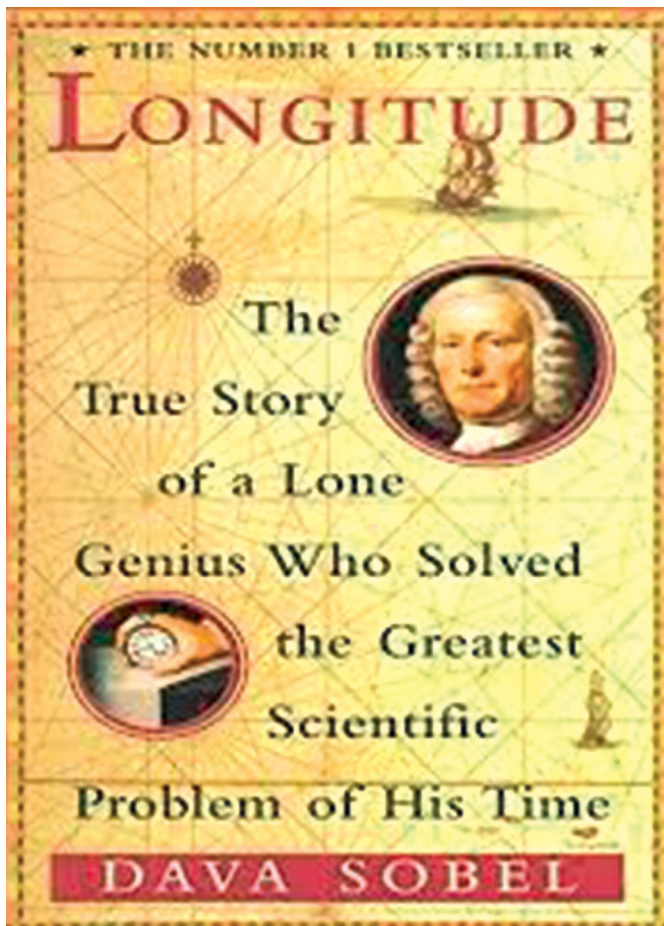
სირცხვილია, რომ ჩვენი შვილები არ სწავლობენ იქ, სადაც ჩვენ ვასწავლით; ყველგან პირიქითაა. ანუ, შენ ისე უნდა ასწავლო, ისეთ დონეზე, როგორც შენი შვილისთვის გინდა! ეს ხომ ჩვენს ხელშია? გახადე შენი სწავლება ისეთივე ხარისხის, როგორიც იქაა, სადაც შენი შვილი გაუშვი სასწავლებლად!

სამწუხაროდ, ეს სოციალური პრობლემა მძაფრდება; არადა ადამიანს, სადაც არ უნდა იყოს იგი, უნდა ჰქონდეს წარმატების მიღწევის საშუალება. ნიშანდობლივია, რომ ამერიკელი პროფესორის უმეტესობა, ხშირად, უბრალო მუშების, ყოფითი პროფესიების მქონე მშობლების ოჯახებიდანაა გამოსული. მათ შორის ბევრია პირველი და მეორე თაობის ემიგრანტი.

როგორ ფიქრობთ, STEM უნარების, STEM პროფესიების თემა აქტუალურია ჩვენს უნივერსიტეტებში? თუ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების შესწავლა ცალკე მიმართულებაა და STEM სწავლება კიდევ ერთი ახალი ხედვა? რა ხდება ამ მხრივ ილიას უნივერსიტეტში?

მე, სამწუხაროდ, არ ვფლობ ზუსტ ინფორმაციას ამის შესახებ, მაგრამ გიპასუხებთ ასე: ჩვენთან ძლიერია კვლევითი მიმართულება მაგისტრატურასა და დოქტურანტურაში, არის ძლიერი კვლევითი ინსტიტუტები, არის ინტერდისციპლინური ინსტიტუტები.

სირცხვილია, რომ ჩვენი შვილები არ სწავლობენ იქ, სადაც ჩვენ ვასწავლით; ყველგან პირიქითაა. ანუ, შენ ისე უნდა ასწავლო, ისეთ დონეზე, როგორც შენი შვილისთვის გინდა! ეს ხომ ჩვენს ხელშია? გახადე შენი სწავლება ისეთივე ხარისხის, როგორიც იქაა, სადაც შენი შვილი გაუშვი სასწავლებლად!



უნდა დავკლიოთ არასწორი მოლოდინი – „ვინ გადაგვარჩენს“? შევხედოთ ჩვენს პრობლემებს როგორც გამოწვევებს და განვითარების შესაძლებლობას. შევეცადოთ, დავუბრუნოთ მოსწავლეებსა და სტუდენტებს აღმოჩენების, საიდუმლოებების ამოხსნის ინტერესი, ხიბლი და განცდა.

ეს მნიშვნელოვანია იმ პრობლემის გადასატრელად, რომელზეც ვსაუბრობთ.

კვლევის თემები მრავალფეროვანია, მათ შორის ბევრია ინტერდისციპლინური კვლევა.

ძალიან გვცხმარება რუსთაველის ფონდის გრანტები, რომელიც ახალგაზრდა მეცნიერების დაფინანსების საშუალებას გვაძლევს. ფულს ვუხდით

ასისტენტ-მკვლევრებს კვლევებში მონაწილეობისათვის.

ვფიქრობ, ჩვენ უნდა ვიყოთ პრაგმატულები. არ დაგვავიწყდეს, რომ ევროსაბჭოს წევრობამ მოგვცა შესაძლებლობა, ხელმისაწვდომ ფასად ვისწავლოთ ევროპაში. ამავე დროს, საქართველოში უნდა შევექმნათ ისეთი ატმოსფერო, რომ დასაბრუნებელი საარსებო სივრცე მოვუზმადოთ ჩვენს სტუდენტებს.

უნდა დავძლიოთ არასწორი მოლოდინი – „ვინ გადაგვარჩენს“? შევხედოთ ჩვენს პრობლემებს როგორც გამოწვევებს და განვითარების შესაძლებლობას. შევეცადოთ, დავუბრუნოთ მოსწავლეებსა და სტუდენტებს აღმოჩენების, საიდუმლოებების ამოხსნის ინტერესი, ხიბლი და განცდა. ხშირად დავუსვამთ კითხვას, რატომ უყურებს ადამიანი ზეცას? რატომ ცდილობს ამოიცნოს ჯერ კიდევ ამოუხსნელი საიდუმლოებები? ვეცადოთ, დავაბრუნოთ ისინი მეცნიერების საოცარ სამყაროში.



ინოვაციების ინიცირება STEM განათლებაში ტექნოლოგიებითა და თანამშრომლობით



კირი პაკანენი

მთავარი მრჩეველი
„International Project Funding
at Business Finland“-ში
OECD-ის ანალიტიკოსი



სტანტან ვინსენტ-ლანკარინი

უფროსი ანალიტიკოსი
OECD-ის საგანმანათლებლო
კვლევების და ინოვაციების
ცენტრში (CERI)

ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი კვლევითი მოდელები

როგორ შეიძლება, ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი სწავლება დაგვეხმაროს, გავცდეთ მხოლოდ შინაარსობრივ სწავლას და რეალურად გავაძლიეროთ განათლება საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, ტექნოლოგიებში, ინჟინერიაში და მათემატიკაში (STEM) ისე, რომ მოსწავლეებმა უნარ-ჩვევების ფართო ნაზავი განვიითარონ? შესაძლებელია თუ არა სწავლებისა და სწავლის ინოვაციურმა მიდგომებმა აზროვნება და შემოქმედებითობა გააღვივოს, ასევე, მოსწავლეთა საკლასო პროცესში ჩართულობა და კომუნიკაცია გააძლიეროს და ხელი შეუწყოს თანამშრომლობას? გახდის კი ეს მიდგომები STEM-ის სწავლებასა და სწავლას უფრო ეფექტურს, აქტუალურსა და სასიამოვნოს?

ამგვარმა კითხვებმა და, ამასთან, ახალი პედაგოგიური მოდელების კვლევის სურვილმა, ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ორგანიზაციის (OECD) საგანმანათლებლო კვლევებისა და ინოვაციების ცენტრი (CERI) მიიყვანა HP-ის (ჰიულეტ-პაკარდი/Hewlett Packard-ის) ე.წ. „კატალიზური ინიციატივის“ (Catalyst Initiative) შესწავლამდე.

<https://www.hp.com/us-en/hp-information/social-innovation/catalyst.html#.YtJzi3ZBx1s>

The Catalyst Initiative
- sponsored by Hewlett Packard



ეს უკანასკნელი არის განათლების საგრანტო პროგრამა, რომელიც ჰიულეტ პაკარდის მდგრადობისა და სოციალური ინოვაციების გუნდის მიერაა წამოწყებული და მხარდაჭერილი. ბევრი საგანმანათლებლო სისტემა უფრო და უფრო მეტად აცნობიერებს მოსწავლეთა უნარებისა და ხვალინდელი ინოვაციური საზოგადოების მნიშვნელობას. ეს კონ-

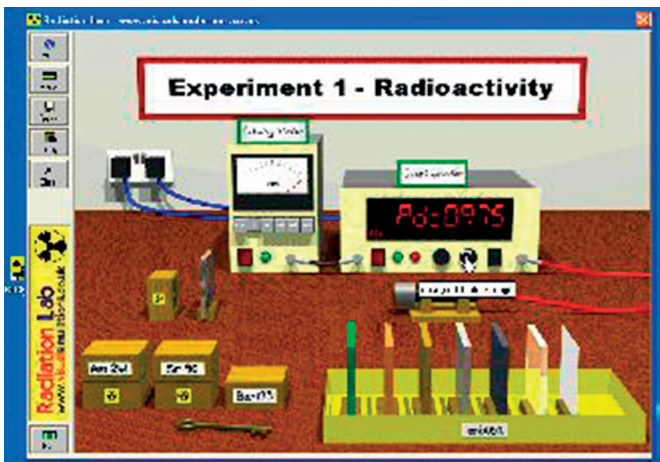
კრეტული პროექტი იკვლევს, თუ როგორ შეიძლება ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილმა ინოვაციურმა პედაგოგიურმა მიდგომებმა, STEM-ის ფარგლებში, განავითაროს მოსწავლეთა უნარები და აზროვნება.

„კატალიზური ინიციატივის“ (Catalyst Initiative) ფარგლებში გრანტის მიმღებთა მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგების მიხედვით, აღსანიშნავია ხუთი ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი პედაგოგიური მოდელის წამოწყება, რომელიც დაკავშირებულია:

- თამაშებთან;
- ვირტუალურ ლაბორატორიებთან;
- საერთაშორისო კოლაბორაციულ პროექტებთან;
- რეალურ დროში განმავითარებელ და უნარებზე დაფუძნებულ შეფასებებთან.

მოსწავლეებმა უნდა განიხილონ

ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი პედაგოგიური მოდელის დანერგვის შესაძლებლობები, რათა: გააუმჯობესონ მოსწავლეთა სწავლის შედეგები, მათ შორის, მაღალი დონის სააზროვნო უნარების განვითარება; გააფართოონ მოსწავლეებისთვის სწავლის ხელმძღვანელობის შესაძლებლობების სპექტრი.



მოსწავლეებმა უნდა განიხილონ ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი პედაგოგიური მოდელის დანერგვის შესაძლებლობები, რათა: გააუმჯობესონ მოსწავლეთა სწავლის შედეგები, მათ შორის, მაღალი დონის სააზროვნო უნარების განვითარება; გააფართოონ მოსწავლეებისთვის სწავლის ხელმძღვანელობის შესაძლებლობების სპექტრი. აღნიშნული მოდელის დანერგვის პრობლემა უფრო მეტად სწავლების ახალი მიდგომების ინტეგრაციასთანაა დაკავშირებული, ვიდრე ტექნოლოგიური ბარიერების გადალახვასთან. ამასთან ერთად, ამ მოდელის იმპლემენტაცია განათლების სხვადასხვა დონეზე პოლიტიკოსების მხარდაჭერასაც მოითხოვს.

მოსწავლეთა უფრო მაღალი დონის (ხარისხის) აზროვნებას – შინაარსის სწავლის გარდა – ხელს უწყობს ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი პედაგოგიური მოდელი. „კატალიზური“ პროექტები, რომლებიც ეფუძნება თამაშებს, ონლაინ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტებს და უწყვეტ განმავითარებელ შეფასებას, ამაღლებს მოსწავლეთა ტესტირების შედეგებს და კონცეპტუალურ აზროვნებას. გარდა ამისა, ეს პროექტები, ხშირ შემთხვევაში, ხელს უწყობს მოსწავლეებში შემოქმედებითი უნარების, წარმოსახვისა და პრობლემების გადაჭრის უნარების განვითარებას.

მაგალითისთვის, საშუალო საგანმანათლებლო დაწესებულების მოსწავლეებმა, რომლებიც იყენებენ „რადიოაქტიურ აი-ლეს“ (Radioactivity iLab) პედაგოგიური რესურსების საშუალებით, აშშ-ს ჩრდილო-დასავლეთის უნივერსიტეტში (<https://www.golabz.eu/lab/radioactivity-lab>), აჩვენეს აკადემიური ცოდნის 21%-იანი ზრდა საბუნებისმეტყველო საგნების მიმართულებით და 8%-იანი ზრდა მეცნიერული კვლევების მიმართულებით. მოსწავლეები რადიაციის ემისიას ზომავდნენ იმის მიხედვით თურამდენად შორს უჭირავთ ყურიდან თავიანთი მობილური ტელეფონები. ისინი საღამოობით სახლში დამოუკიდებლად გეგმავდნენ და ატარებდნენ ექსპერიმენტებს, ამზადებდნენ ლაბორატორიულ ანგარიშებს და შემდეგ მიღებულ შედეგებს და

გამოცდილებას საკლასო ოთახში მასწავლებლები-სა და თანატოლების შედეგებს ადარებენ.

„ინკ სერვეი“-ს (Ink Survey) პროექტმა აშშ-ში, კოლორადოს სამთო მომზადების სკოლაში, ასევე, უჩვენა ღრმა კონცეპტუალური გაგება და მაღალი კრეატიულობა (იზომება ტორანსის (Torrance) კრეატიულობის ტესტებით – <https://www.sciencedirect.com/topics/psychology/torrance-test>). „ინკ სერვეი“ (Ink Survey) არის მოსწავლეთა განმავითარებელი შეფასების ინსტრუმენტი რეალურ დროში, რომელიც საშუალებას აძლევს მოსწავლეს და მასწავლებელს, იურთიერთონ კლიკერების სტილში (<https://www.cmu.edu/teaching/clickers/>), თუმცა მეტი დატალიზაციით, რამდენადაც ამან შეიძლება გრაფიკული ფორმა მიიღოს. https://wiptte.engr.tamu.edu/publications/2013/2013_WIPTTE_Full_Kowalski_UIPEMDRTFA2.pdf

მაშინ, როცა თავისუფალმა თამაშმა ინტერაქტიული სიმულაციებით ქიმიურ ინჟინერიაში მოსწავლეთა ქულები 12%-ით გაზარდა, „ინკ სერვეი“-ზე (Ink Survey) დაფუძნებულმა მართულმა თამაშმა, განმავითარებელი შეფასებით რეალურ დროში, ქულები 21%-ით აამაღლა. ყოველივე ეს ინსტრუმენტების ხელმძღვანელობის მნიშვნელობას უსვამს ხაზს.

შეერთებულ შტატებში, ეროვნული უნივერსიტეტის სტუდენტების აზრით, თამაშის დიზაინის მეთოდოლოგიების (Game Design Methodologies) გამოყენებამ აამაღლა მათი კრეატიულობა, თანამშრომლობა და კრიტიკული აზროვნების უნარი, შემაჯამებელი შეფასება კი 5%-ით გაზარდა, ტრადიციული სწავლების მეთოდებით მიღწეულ შედეგებთან შედარებით.

ტექნოლოგიას, ასევე, მნიშვნელოვანი პოტენციალი აქვს მოსწავლეებისთვის ხელმისაწვდომი სწავლის შესაძლებლობათა სპექტრის გაფართოებისა და ინოვაციისთვის საჭირო სხვადასხვა უნარის განმავითარებელი შეფასებისთვის. სწავლის მრავალფეროვანმა საშუალებებმა და პერსონალიზებულმა ტექნოლოგიებმა, შესაძლოა, მოსწავლეებისთვის

ტექნოლოგიას, ასევე, მნიშვნელოვანი პოტენციალი აქვს მოსწავლეებისთვის ხელმისაწვდომი სწავლის შესაძლებლობათა სპექტრის გაფართოებისა და ინოვაციისთვის საჭირო სხვადასხვა უნარის განმავითარებელი შეფასებისთვის.

STEM განათლება უფროსაინტერესო და სასიამოვნო გახადოს.

„კატალიზური“ (Catalyst) პროექტები გვთავაზობს ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილ საგანმანათლებლო მაგალითებს, რომელიც უზრუნველყოფს პრაქტიკული ექსპერიმენტებისა და სწავლების უფრო ფართო სპექტრს, ვიდრე ეს ტექნოლოგიური მხარდაჭერის გარეშე შესაძლებელი. სიმულაციები წარმოგვიდგენს ერთ გზას დიდი ექსპერიმენტებისკენ. ონლაინ ლაბორატორიები (იქნება ეს დისტანციური თუ ვირტუალური), სიმულაციების გამოყენებით, შედარებით იაფ და მოქნილ წვდომას გვთავაზობს ექსპერიმენტულ სწავლებაზე. შეიძლება გაიზარდოს სწავლის დროც და მათზე წვდომაც კონკრეტულ განრიგზე ან მდებარეობაზე არ იქნება მიბმული. მაგალითად, კენიის მასინდე მულიროს უნივერსიტეტმა მეცნიერული სიმულაციები გამოიყენა სოფლის სტუდენტებისთვის ქიმიის სასწავლებლად ისეთ ადგილებში, სადაც ელექტროენერგია, ინტერნეტი და სასკოლო ინფრასტრუქტურა თითქმის არ იყო.

გარდა ამისა, ტექნოლოგიით მხარდაჭერილი სიმულაციები მოსწავლეებს საგნობრივი თემის შესწავლის საშუალებას აძლევს, რაც სხვაგვარად თითქმის შეუძლებელი იქნებოდა. მაგალითისთვის, მშობლები, სავარაუდოდ, უკმაყოფილონი იქნებოდნენ თუ მათი შვილები რადიოაქტიურ სტრონციუმ-90-თან ცოცხალ ლაბორატორიაში იმუშავებდნენ. დისტანციური ან ვირტუალური ლაბორატორიები კი გვთავაზობს რა-

დიაგნოტიკის უსაფრთხო შესწავლას და მასთან უსაფრთხო მუშაობას.

ამასთან, არცერთ სკოლას არ აქვს ფიზიკური ექსპერიმენტული რესურსების შეუზღუდავი მარაგი. ონლაინ და დისტანციური ლაბორატორიები, ისევე, როგორც სხვა ვირტუალური გარემო, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ადგილზე არსებული რესურსების შესავსებად და მასწავლებლებისა და მოსწავლეებისთვის სწავლა/სწავლების შესაძლებლობათა გასაუმჯობესებლად.

ამასთან ერთად, ტექნოლოგია, გეოგრაფიული დისტანციისა და საკლასო ოთახის ფორმალური ჩარჩოების გარღვევით, ზრდის კულტურათაშორისი თანამშრომლობის შესაძლებლობებს. მაგალითად, კონექტიკუტის საშუალო სკოლის მოსწავლეები შეერთებულ შტატებში და მოსწავლეები შანდონგის პროვინციაში, ჩინეთში, მიუხედავად იმისა, რომ დედამიწის სხვადასხვა ნაწილში იმყოფებოდნენ, ერთად მუშაობდნენ და რეალურ სამეცნიერო კვლევებს ატარებდნენ წყლის დაბინძურების შესახებ. ანალოგიურად, გაერთიანებული სამეფოს კოვენტრის უნივერსიტეტის კურსდამთავრებულები თანამშრომლობდნენ კანადელ კოლეგებთან და ერთად გეგმავდნენ გუნდურ სამუშაოს, ხელოვნური გარემოს ვირტუალური პროექტის ფარგლებში, რომელიც მოითხოვდა სამშენებლო პროექტის ყველა ეტაპის გავლას. ამ პროექტებმა სტუდენტებს საშუალება მისცა, მიეღოთ საერთაშორისო თანამშრომლობის გამოცდილება, აღმოეჩინათ სხვა კულტურები, დაენახათ განსხვავებები, ასევე, გაცნობოდნენ მულტიკულტურულ ურთიერთობებს. ამ ტიპის თანამშრომლობა თანამედროვე საერთაშო-

რისო STEM პროფესიების საერთო მახასიათებელს წარმოადგენს.

და ბოლოს, ტექნოლოგია ამარტივებს რეალურ დროში განმავითარებელ შეფასებას და უნარებზე დაფუძნებული შეფასების ზოგიერთ სხვა ფორმას, რომელიც აუმჯობესებს მოსწავლეთა სწავლების მონიტორინგს და ხელს უწყობს სწავლების პერსონალიზებას. რეალურ დროში განმავითარებელი შეფასება მასწავლებელს საშუალებას აძლევს, თვალი მიადევნოს სწავლის პროცესს და დაუყოვნებლივ, ცალკეული მოსწავლის საჭიროების მიხედვით მოახდინოს სწავლების მეთოდის კორექტირება. ეს, ასევე, ხელს უწყობს მეტი მოსწავლის აქტიურ ჩართვას საკლასო დისკუსიაში. ქალაქ ნორვიჩის აკადემიის (გაერთიანებულ სამეფო) ეკო-ვირტუალური გარემო, პროექტი, რომელიც დაფუძნებულია ვირტუალურ კომუნიკაციასა და რეალურ დროში განმავითარებელ შეფასებაზე, ვარაუდობს, რომ ვირტუალური სამყაროს ფსევდოანონიმურობა სოციალურად „უსაფრთხო“ გარემოს უზრუნველყოფს მოსწავლეებისთვის, განსაკუთრებით მათთვის, ვინც თავს „ნაკლებად ეფექტურად“ მიიჩნევს, რათა ხელახლა სცადონ თანატოლებთან დისკუსიებსა და თანამშრომლობაში ჩართვა. ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი შეფასების სისტემა უნარების განვითარების მონიტორინგის საშუალებას იძლევა და იმ უნარების იდენტიფიცირებას ახდენს, რომელთა შეძენა უფრო კომპლექსურად უნდა მოხდეს, ვიდრე ეს ტექნოლოგიების გარეშე შესაძლებელი. ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი უნარების შეფასების მაგალითია ლიონის ცენტრალური ფრანგული სკოლის მიერ შექმნილი Knowledge Broker ვებსერვისის ინსტრუმენტი, რომელიც ცდილობს მრავალი უნარის გამოვლენასა და შეფასებას თავად მოსწავლეების, მათი თანატოლებისა და მასწავლებლების მხრიდან. <https://epaa.asu.edu/index.php/epaa/article/view/2355/1697>

ახალი ტექნოლოგიებით გაძლიერებული საგანმანათლებლო მოდელები იმდენად ტექნოლოგიურ

**ახალი ტექნოლოგიებით გაძლიერებული
საგანმანათლებლო მოდელები იმდენად
ტექნოლოგიურ ან ფინანსურ გამოწვევას არ
წარმოადგენს, რამდენადაც კლდოვანობა.**

ან ფინანსურ გამოწვევას არ წარმოადგენს, რამდენადაც პედაგოგიურს. კვლევამ აჩვენა, რომ „კატალიზური“ (Catalyst) პროექტები, როგორც წესი, მოითხოვს მარტივ აღჭურვილობას (კომპიუტერები, ტაბლეტები, მობილური ტელეფონები), რომელიც ინტერნეტთანაა დაკავშირებული. მიუხედავად იმისა, რომ მათი ღირებულება დამოკიდებულია სახელმწიფო ან რეგიონულ კონტექსტზე (განსაკუთრებით იქ, სადაც ტექნოლოგიური ხარჯები საშუალო ან ტიპური შემოსავლის დონესთან მიმართებით იზომება), ეს ყოველივე შედარებით იაფ რესურსს წარმოადგენს, რომელიც ხშირად მასწავლებლებისთვის უკვე ნაცნობი და ხელმისაწვდომია, განსაკუთრებით OECD-ის ქვეყნებში. მათთვის თავისუფლად ხელმისაწვდომია ბევრი ციფრული რესურსიც, რაც მოიცავს სიმულაციებს ვირტუალურ გარემოში (დისტანციური ან ონლაინ ლაბორატორიები, თამაშები) და პროგრამულ უზრუნველყოფას რეალურ დროში განმავითარებელი შეფასებისთვის.

ამ ახალი მოდელების ათვისება მოითხოვს მასწავლებლების მიერ თავიანთი პედაგოგიკის გადახედვას, ეს კი შესაძლოა, ყველაზე დიდი ხარჯი და გამოწვევა იყოს. ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი პედაგოგიკის მოდელების ეფექტურობა მხოლოდ ტექნოლოგიიდან არ მოდის, ის მოდის თვით პედაგოგიკიდან, რომელსაც ტექნოლოგია მხარს უჭერს. სწავლის გაუმჯობესებისთვის კარგი პედაგოგიური რესურსებისა და ტექნოლოგიის გამოყენების გაგების გარეშე, ამ მოდელებმა შეიძლება არ მოიტანოს მოსალოდნელი შედეგები. რეალურ დროში განმავითარებელი შეფასება საშუალებას აძლევს მასწავლებელს რეალურ დროში დაინახოს თუ რას ფიქრობენ და რა იციან მოსწავლეებმა; თუმცა, საქმე იმაში მდგომარეობს, რომ მათ ეს ინფორმაცია სწავლებაში უნდა გამოიყენონ, რათა მოსწავლეები წახალისონ, უფრო ღრმად დაფიქრდნენ და გააპროტესტონ მცდარი წარმოდგენები. ექსპერიმენტული სწავლება, დიდი ალბათობით, უზრუნველყოფს მოსალოდნელ გაუმ-

ამ ახალი მოდელების ათვისება მოითხოვს მასწავლებლების მიერ თავიანთი პედაგოგიკის გადახედვას, ეს კი შესაძლოა, ყველაზე დიდი ხარჯი და გამოწვევა იყოს.

ჯობესებას კონცეპტუალური გაგებისა და მეცნიერული კვლევის უნარებში, თუკი მასწავლებლები წახალისებენ მოსწავლეებს, რომ გაიმეორონ თავიანთი ექსპერიმენტები და მოამზადებენ მათ ამ ექსპერიმენტების სწორად გასააზრებლად.

მასწავლებლების მიერ ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი ახალი მოდელების მიღება, სავარაუდოდ, მდგრადი და ეფექტური იქნება მაშინ, როდესაც პოლიტიკოსების მხრიდან ადეკვატური მხარდაჭერა ექნება.

ადეკვატური ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურა და მასწავლებლებზე მორგებული ციფრული რესურსების კრიტიკული მასის ხელმისაწვდომობა აუცილებელია, თუმცა მიდგომების ფართომასშტაბიანი შემუშავებისთვის საკმარის პირობებს არ წარმოადგენს. მიუხედავად იმისა, რომ წარმატებას პედაგოგიკა განაპირობებს, ტექნოლოგიებით მხარდაჭერილი მოდელები, ზოგადად, აღჭურვილობის გარკვეულ დონეს საჭიროებს. „კატალიზური“ (Catalyst) პროექტების საინოვაციო სამუშაოების ორი მესამედის წარმატების კრიტიკული ფაქტორი ადეკვატური საგანმანათლებლო შინაარსისა და რესურსების ხელმისაწვდომობა იყო. მასშტაბის გასაზრდელად კონტექსტს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება: ინოვაციები უნდა პასუხობდეს ადგილობრივ საჭიროებებსა და საგანმანათლებლო სტრუქტურებს. მაგალითად, ამრიტას უნივერსიტეტის ონლაინ ლაბორატორიების ინდოეთის ეროვნულ სასწავლო გეგმასთან თავსებადობა და შესაბამისი ორგანოების მიერ შინაარსის მიმოხილვა, მოდელების ფართომასშტაბიანი შემუშავებისთვის ძირითად ფაქტორებს წარმოადგენდა.

**მასწავლებლების მიერ ტექნოლოგიებით
მხარდაჭერილი ახალი მოდელების მიღება,
საპირაუბლო, მღვრადი და უწყვეტური იმპლემენტაცია,
როგორც კომპლექსური პოლიტიკის მხარდაჭერა
აღიჭრებული მხარდაჭერა იმპლემენტაცია.**

ზემოთნახსენები პედაგოგიური გამოწვევის დასაკმაყოფილებლად, აუცილებელია მასწავლებლების ადეკვატური პროფესიული განვითარება. სწავლების ახალი მოდელებისა და რესურსების მიღებისთვის არსებულ ბარიერს მასწავლებელთა განმავითარებელი ტრენინგის, თანატოლებთან ერთად სწავლებისა და სხვა სახის აქტივობების ნაკლებობა განაპირობებს. „კატალიზური“ (Catalyst) პროექტების ნახევარმა გამოავლინა, რომ ადეკვატურმა პროფესიულმა განვითარებამ ხელი შეუწყო მათ წარმატებას და, როგორც კი პრაქტიკაში ადრეული დანერგვის სტადიას გასცდა, ეს ყოველივე კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი გახდა. გარდა პროფესიული განვითარების მრავალი შესაძლებლობისა, კვლევამ აჩვენა, რომ მასწავლებლებს უბრალოდ დრო სჭირდებოდათ, რათა პედაგოგიკაში ახალი ტექნოლოგიებით გაუმჯობესებული საგანმანათლებლო მოდელების ინტეგრირება მოეხდინათ. „კატალიზური“ (Catalyst) პროექტების ორმა მესამედმა გამოწვევად წარმოაჩინა მასწავლებლებისთვის საკმარისი დროის სიმცირე, რაც გახდა STEM მასწავლებლებისთვის ონლაინ პროფესიული სწავლების პლატფორმის, „კატალიზური აკადემიის“ (Catalyst Academy) შექმნის საფუძველი.

დაბოლოს, პოლიტიკოსებს პრაქტიკოსთა შორის ეფექტური საგანმანათლებლო მოდელების შესახებ ცნობიერების ამაღლების ხელშეწყობა შეუძლიათ. ინფორმირებულობის არარსებობის მაგალითს წარმოადგენს ის გარემოება, რომ ბევრმა მასწავლებელმა არ იცის, რომ ონლაინ ლაბორატორიების გამოყენება შესაძლებელია იმავე ეფექტურობით,

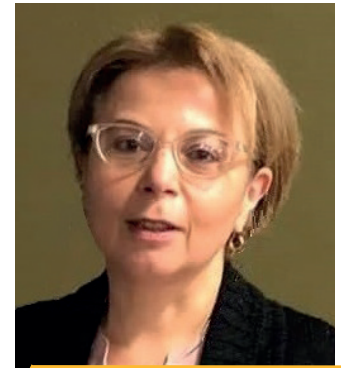
როგორც ადგილზე არსებული ფიზიკური ლაბორატორიებისა; ბევრი მასწავლებელი კი ტექნოლოგიებით გაძლიერებული პედაგოგიკის სირთულეებს გაზვიადებულად აფასებს. ■

ლიტერატურა:

1. Kärkkäinen, K. and S. Vincent-Lancrin (2013), “Sparkling Innovation in STEM Education with Technology and Collaboration: A Case Study of the HP Catalyst Initiative”, OECD Education Working Papers, No. 91, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5k480sj9k442-en>.
2. Using Inksurvey with Pen-enabled Mobile Devices for Real-time Formative Assessment II: Indications of Effectiveness in Diverse Educational Environments. Frank Kowalski, Tracy Gardner, Gus Greivel, Todd Ruskell

STEM – გუზინ, დღეს, ხვალ

ნაწილი 1



მაია ჯიგჟაპაძე

მასწავლებელთა პროფესიული
განვითარების ეროვნული
ცენტრის ბიოლოგიის
საგნობრივი ექსპერტი
ბიოლოგიის მეცნიერებათა
დოქტორი

ტერმინის STEM ჩაწერის შემდეგ Google საძიებო სისტემა 30 მილიონამდე წყაროს გვთავაზობს. მათ შორისაა სტატიები, კვლევები, გაკვეთილის გეგმები და სცენარები, სასწავლო აქტივობები, პროექტები და სხვ.. ფრაზებით – STEM education და STEM teaching – მოძიებული შედეგების რაოდენობა 300 მილიონამდე აღის და, ზემოთ ჩამოთვლილის გარდა, მოიცავს პერსონალურ გამოცდილებას, კერძო შემთხვევების ანალიზს, ინტერვიუებსა და სიტყვით გამოსვლებს, წარმატების ისტორიებს, სტიპენდიები-სა და გრანტების შეთავაზებებს. საოცარია, მაგრამ ფაქტია, მოძიებული წყაროების მთელი ეს რაოდენობა უკავშირდება სფეროს, რომელიც ძალიან ახალგაზრდაა და რომლის ისტორია მხოლოდ გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან იწყება. ფაქტობრივად, ჩვენ ვართ STEM განათლების გლობალური მნიშვნელობის ზრდისა და აღიარების მოწმეები. წინამდებარე სტატია გთავაზობთ STEM-ის კონცეფციის, სტატუსის, თანამედროვე ტრენდებისა და პრობლემატიკის მოკლე ანალიზს, საერთაშორისო წყაროებზე დაყრდნობით.

რამდენიმე სიტყვა წარსულიდან

STEM-ის ისტორია იწყება აშშ-ის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (US National Science Foundation, NSF) მიერ ინჟინერიისა და ტექნოლოგიების მართულებების დამატებით ზოგადი განათლების სტანდარტში. ინიციატივის მიზანი იყო ინჟინერიისა და ტექნოლოგიების ინტეგრირება მათემატიკისა და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სწავლებაში, STEM პროფესიებში ახალგაზრდების მოზიდვის მიზნით (0).

თავდაპირველად, ოთხი ძირითადი სფეროს გასაერთიანებლად, შეიქმნა აკრონიმი SMET (science, mathematics, engineering, technology) (1). განსაზღვრული პერიოდის განმავლობაში SMET-ი და STEM-ი ერთმანეთის პარალელურად გამოიყენებოდა. ბოლოს დამკვიდრდა STEM-ი და ამ გარემოებას ჰქონდა ორი მიზეზი. ერთი მხრივ, ეს უკანასკნელი გამოსათქმელად უფრო მარტივი აღმოჩნდა, ხოლო მეორე მიზეზი, რამაც მთავარი როლი ითამაშა, უფრო კონცეპტუალური ბუნების იყო. SMET აკრონიმში სა-

საგუნდო-მეცნიერული დისციპლინებისა და მათემატიკის სოფლა გამოიყენება საინჟინრო და ტექნოლოგიური იდეების განსახორციელებლად.

ბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და მათემატიკის პირველ ადგილებზე ყოფნა თითქოსდა მათ პრიორიტეტულობაზე მიუთითებდა, მაშინ, როცა STEM-ში „სიმძიმის ცენტრები“ თანაბრადაა გადანაწილებული. ტექნოლოგიებსა და ინჟინერიას ენიჭება ცენტრალური როლი; ამავე დროს, ისინი უკავშირდება როგორც საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებს, ასევე, მათემატიკას. ეს უკანასკნელები თითქოს საყრდენის როლს ასრულებენ, რომელზეც დგას ინჟინერია და ტექნოლოგიები (2). სხვა სიტყვებით, საბუნებისმეტყველო დისციპლინებისა და მათემატიკის ცოდნა გამოიყენება საინჟინრო და ტექნოლოგიური იდეების განსახორციელებლად.

STEM-ის თავდაპირველი განმარტებები განსხვავდებოდა ერთმანეთისგან და ზოგიერთ შემთხვევაში მოიცავდა საზოგადოებრივი მეცნიერებების ნაწილს, ფსიქოლოგიას, პოლიტიკურ მეცნიერებებს და ეკონომიკასაც კი (3); თუმცა, მალევე მისი მნიშვნელობა დავიწროვდა და შემოიფარგლა ოთხი ძირითადი სფეროს შინაარსით, რომელიც დღეს ქმნის STEM აკრონიმს—საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები, ტექნოლოგიები, ინჟინერია და მათემატიკა.

STEM-ის ფორმირების გარიჟრაჟზე ერთმანეთს შეეჯახა განსხვავებული ხედვები STEM კონცეფციის შესახებ. ერთ შემთხვევაში ის განიხილებოდა როგორც ერთ-ერთი მიდგომა კონკრეტული სფეროს შიგნით, რომლის გამოყენება შეიძლებოდა საგნის სწავლების მიზნით. განსხვავებული ხედვით კი STEM-ი განიხილებოდა როგორც მხოლოდ ინტერდისციპლინური ან დისციპლინათა შორისი კავშირი სხვადასხვა სფეროს შორის (4). განსხვავებები ხედვებში იმთავითვე ქმნიდა პრობლემებს გადაწყვეტილებების მიმღებთათვის, კურიკულუმის განვითარების

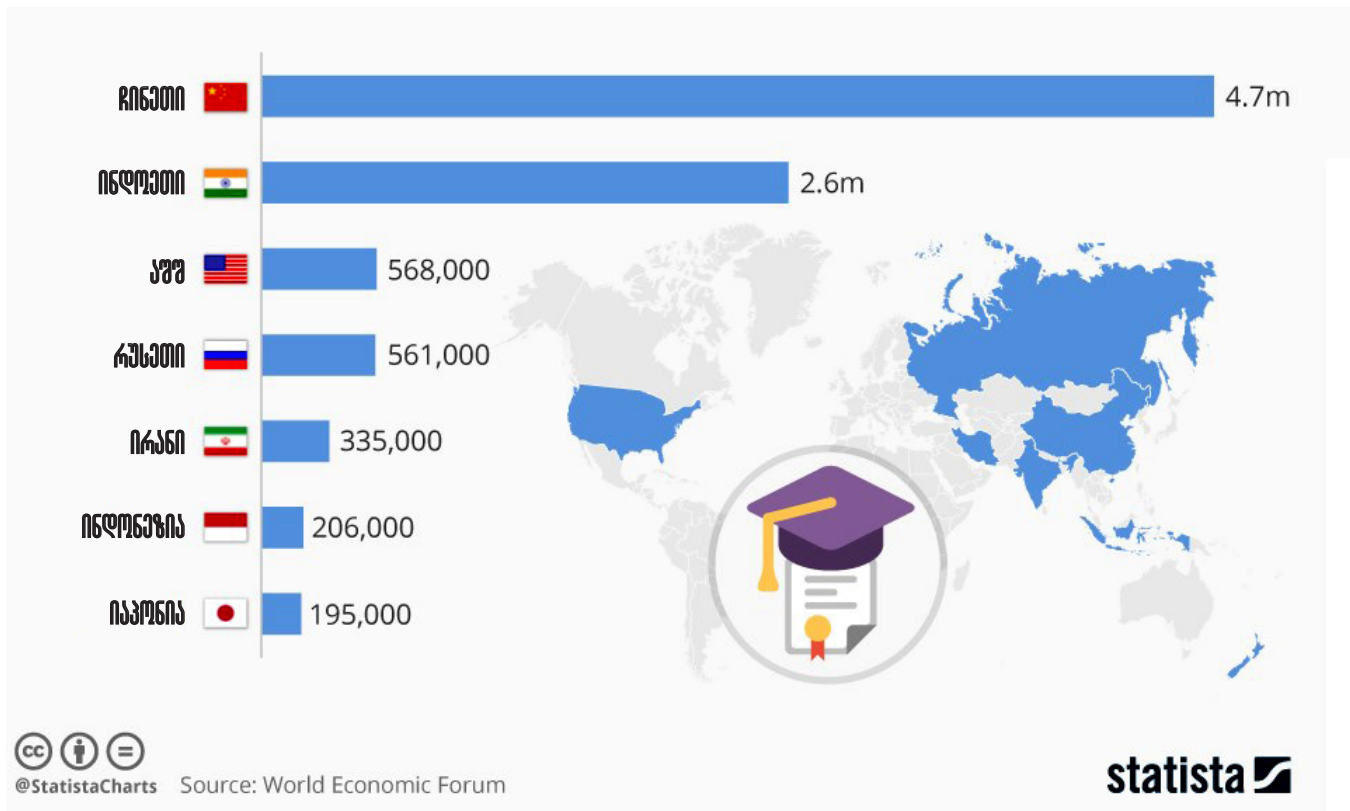
სპეციალისტებისთვის, სფეროს მკვლევრებისთვის, ასევე, მათთვის, ვინც ცდილობდა საუნივერსიტეტო სასწავლო პროგრამების შექმნას, STEM-ის დანერგვის მიზნით.

კონსენსუსის მისაღწევად, შეთავაზებულ იქნა ფართო განმარტება, რომელიც პრინციპში, დღემდე მუშაობს: STEM-ი შეიძლება მოიცავდეს ინდივიდუალურ საგანს ოთხი ძირითადი სფეროდან (ანუ განხორციელდეს საგნის ფარგლებში), ინტეგრირებულ სასწავლო კურსს ან კურსების თანმიმდევრობას; ის შეიძლება იყოს ნებისმიერი აქტივობა, რომელიც მოიცავს ოთხი ძირითადი სფეროდან რომელიმეს ან აერთიანებს მათ (5).

2009–2018 წლების მონაცემებით, იმ ქვეყნების ჩამონათვალი, სადაც მეტი ძალისხმევა იდებოდა სფეროს განვითარებაში და შესაბამისად, აქტიურად ხორციელდებოდა კვლევები STEM განათლების მიმართულებით, შემდეგია: აშშ, ავსტრალია, ჩინეთი, კანადა, ტაივანი, გაერთიანებული სამეფო, ესპანეთი, სამხრეთ კორეა, გერმანია, ისრაელი, ნიდერლანდები და თურქეთი. 2014–2019 წლებში ადგილი ჰქონდა გარკვეულ გადანაცვლებებს რეიტინგში. გარდა ამისა, ასპარეზზე გამოჩნდნენ ახალი მოთამაშეებიც — მაღაიზია, ინდოეთი (3).

ქვეყნის შიგნით STEM-ის პოპულარიზაციაზე წარმოდგენას იძლევა სასწავლო პროგრამების (სულ მცირე, ერთ STEM საგანში) კურსდამთავრებულთა რაოდენობა უმაღლესი განათლების მიმართულებით.

**STEM-ი შეიქმნა მოიცავდა ინდივიდუალურ
საგანს ოთხი ძირითადი სფეროდან (ანუ
განხორციელდა საგნის ფარგლებში),
ინტეგრირებულ სასწავლო კურსს ან კურსების
თანმიმდევრობას; ის შეიქმნა იყო ნებისმიერი
აქტივობა, რომელიც მოიცავს ოთხი ძირითადი
სფეროდან რომელიმეს ან აერთიანებს მათ.**



წყარო: <https://www.statista.com/chart/7913/the-countries-with-the-most-stem-graduates/>

ჩინეთში STEM-ის ბუმი საუკუნის დასაწყისიდან დაიწყო. „STEM რევოლუციას“ ხელს უწყობდა მთავრობის პოლიტიკური ნება და მხარდაჭერა, საზოგადოებრივი ცნობიერება, ასევე, მზაობა და ინიციატივების სკოლების მხრიდან. 2017 წლიდან ჩინეთში ოფიციალურად დაანონსდა STEM მიმართულების დამატება დაწყებითი საფეხურის სასკოლო კურიკულუმისთვის. 2018 წელს კი გამოქვეყნდა თერთმეტწლიანი სამოქმედო გეგმა, რომელსაც უნდა უზრუნველყო მოსწავლეთა მაქსიმალური აღჭურვა სამეცნიერო და ტექნოლოგიური უნარებით 2029 წლამდე. ჩინეთის ამბიციია 2050 წლისთვის გახდეს მნიშვნელოვანი ძალა მსოფლიოში ინოვაციური ტექნოლოგიების შექმნის მიმართულებით. ამ ამბიციის შესასრულებლად ის თანმიმდევრულად ნერგავს და ახორციელებს STEM სწავლებას უკვე სკოლამდელი განათლების პროგრამების დონეზე; STEM-ი ისწავლება 3 წლის ასაკიდან (19).

ინდოეთისათვის STEM-ი გახდა ეკონომიკური განვითარებისა და მოსახლეობის კეთილდღეობის შესაძლებლობა, რასაც ქვეყანა კარგად აცნობიერებს. 2011 წლიდან აქ ხორციელდება არაერთი თანმიმდევრული ღონისძიება მოსწავლეებში STEM უნარების გასაძლიერებლად. ინდოეთის 23 შტატში სკოლების უმრავლესობა აღჭურვილია სასკოლო ლაბორატორიებით/მინი სამეცნიერო ცენტრებით, რომელთა ბაზაზეც ხორციელდება STEM საგნების სწავლება. 2020 წლიდან ახალმა ეროვნულმა საგანმანათლებლო პოლიტიკამ დაუშვა საგნების არჩევანის შესაძლებლობა სკოლებისა და კოლეჯების უფროსკლასელთათვის. პროგნოზირებენ, რომ ამ შესაძლებლობას გამოიყენებს ბევრი ინდოელი მოსწავლე (აქ STEM-ი ძალიან პოპულარულია), რაც თავის მხრივ, გამოიწვევს სამეცნიერო და ტექნიკური სფეროების ინტენსიურ განვითარებას ქვეყანაში (19).

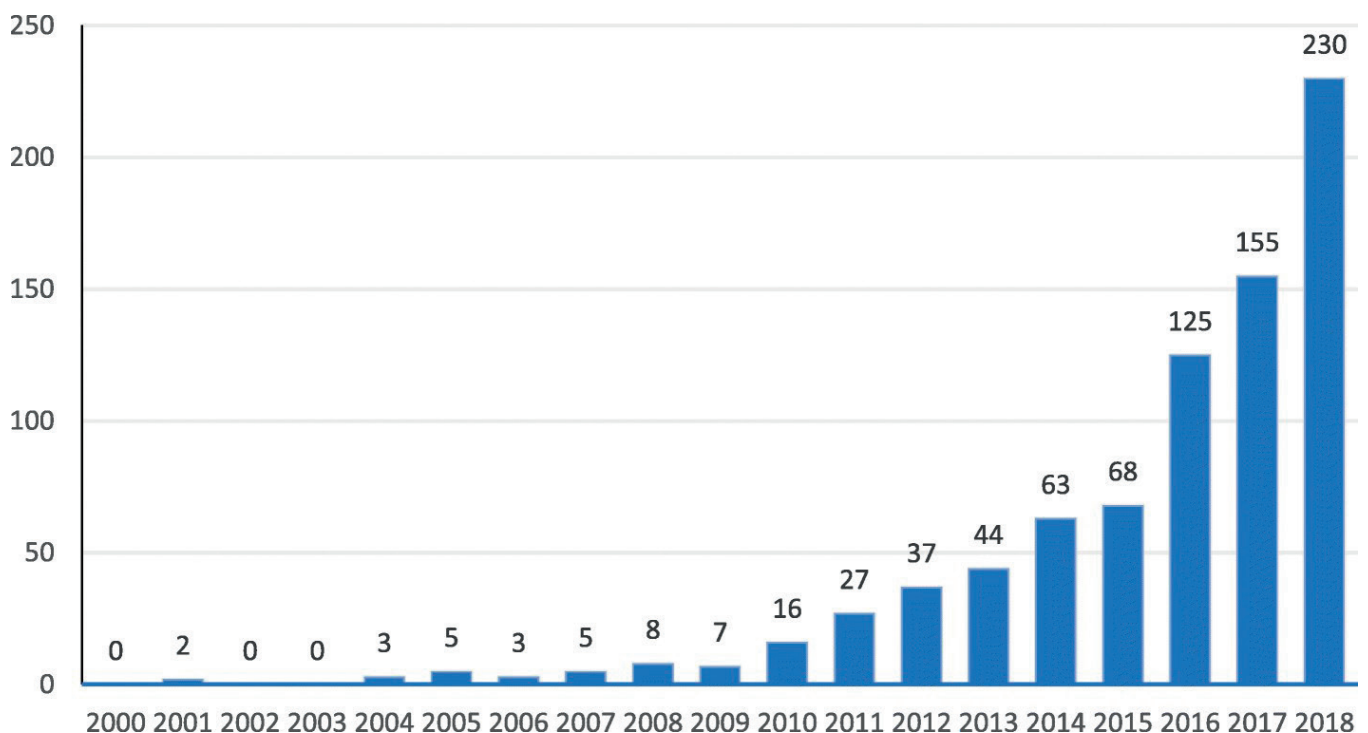
STEM კონცეფცია

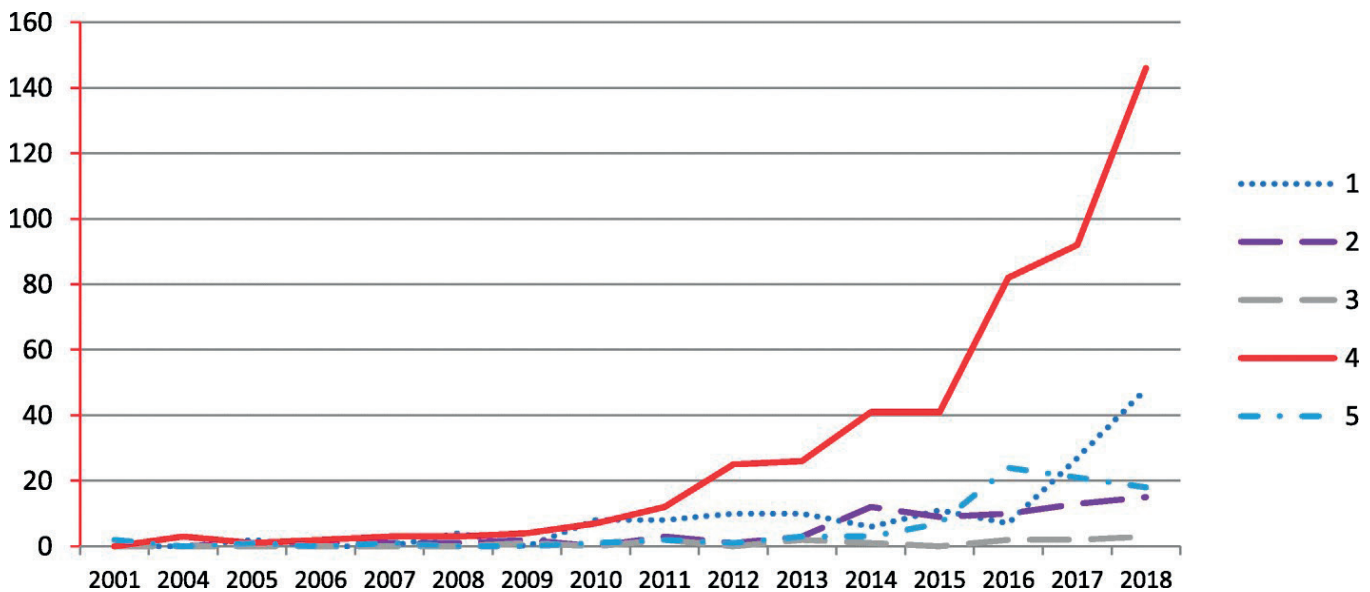
კომპლექსურობა და განსხვავებული ხედვები დღემდე ქმნის საკმაო სირთულეს STEM განათლების ობიექტურ შეფასებაში. ნებისმიერ სფეროს განვითარებისთვის მნიშვნელოვანია, სწორად იქნეს შეფასებული მისი სტატუსი, ტენდენციები და პერსპექტივები. STEM-ის შემთხვევაში კი ეს საკმაოდ რთულია. განსხვავებით ცალკეული ფუნდამენტური დისციპლინისგან, რომელიც მის შემადგენლობაში მოიზრება, ჯერ კიდევ არ არის მკვეთრად განსაზღვრული STEM-ის მოცულობა და ფარგლები, ისევე, როგორც მისი დანერგვის გზები. ძალაში რჩება განსხვავებული ხედვებიც და ცხადია მხოლოდ ის, რომ როგორიც არ უნდა იყოს STEM კონცეფცია,

მისი დანერგვა კრიტიკულად მნიშვნელოვანია და ის უშუალოდ უკავშირდება ქვეყნის განვითარებასა და კეთილდღეობას, უახლეს სოციალურ და ეკონომიკურ გამოწვევებს. ცნობილი გამონათქვამის მიხედვით, „მომავლის პროფესიები—STEM პროფესიებია“ (6). ზოგადი განათლება არის საშუალება, რომელსაც შეუძლია დანერგოს STEM-ი ახალგაზრდა შემსწავლელების ცნობიერებაში, აზროვნებაში, ქმედებაში და საბოლოოდ გადააქციოს ის პროფესიად. შესაბამისად, დღეს მრავალი ქვეყანა აცნობიერებს, რომ სასკოლო განათლებაში STEM-ის ინტეგრირება კრიტიკული აუცილებლობაა.

კვლევების მზარდი რაოდენობა STEM განათლების მიმართულებით, მოწმობს ინტერესის განუხრელ ზრდას ამ სფეროს მიმართ (3).

„მომავლის პროფესიები – STEM პროფესიებია“. ზოგადი განათლება არის საშუალება, რომელსაც შეუძლია დანერგოს STEM-ი ახალგაზრდა შემსწავლელის ცნობიერებაში, აზროვნებაში, ქმედებაში და საბოლოოდ გადააქციოს ის პროფესიად.





2000-დან 2018 წლის ჩათვლით პერიოდში განხორციელებული კვლევები STEM სფეროში:

- კვლევების განაწილება წლების მიხედვით;
- კვლევების განაწილება საგნობრივი მიკუთვნებულობის მიხედვით (საგნების რაოდენობა, რომელსაც მოიცავდა STEM კურსი, პროექტი თუ საკვლევო აქტივობა) არა STEM საგნებთან.

წყარო: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-020-00207-6>

„ბ“ სურათიდან კარგად ჩანს, რომ 2010 წლის შემდეგ მკვეთრად გაიზარდა კვლევების რაოდენობა, რომელიც STEM-ს სწავლობს ინტერდისციპლინურ ფორმატში. აღნიშნული გვიჩვენებს, რომ მოცემული პერიოდიდან STEM კონცეფციაში წამყვანი ხდება შესაბამისი საგნების ინტეგრირებული სწავლება. კვლევების რაოდენობის ზრდა განპირობებულია იმითაც, რომ 2010 წლისათვის გამოვიდა და აქტუალური გახდა არაერთი საერთაშორისო STEM ჟურნალი, რომელმაც მიიზიდა კვლევების ის ნაწილი, რომელიც მანამდე ცალკეულ საგნობრივ ჟურნალებში ქვეყნდებოდა.

ბოლო წლებში STEM კონცეფციამ განიცადა მნიშვნელოვანი ევოლუცია და მის შინაარსში გაჩნდა ახალი სფერო – ხელოვნება. ამ პროცესს დებატების გარეშე არ ჩაუვლია, მაგრამ STE(A)M-ის იდეა იმთავითვე პოპულარული გახდა და STEM საზოგადოებამ ის მიიღო. მთავარ არგუმენტს წარმოადგენდა გარემოება, რომ აზროვნება, პროექტირება თუ მოდე-

ლირება თავისთავად შემოქმედებითი პროცესებია. მეორე მხრივ, აღსანიშნავია ხელოვნების გამოყენებითი, ესთეტიკური მხარეც STEM სწავლების შედეგად შექმნილ პროდუქტებში.

როგორ ინტეგრირება STEM-ი?

დამინც, რას გულისხმობს STEM განათლება? რისი მოცემა შეუძლია და როგორ შეიძლება მისი დანერგვა სკოლაში? გაამართლებს თუ არა STEM-ი, როგორც საგანმანათლებლო მიდგომა გრძელვადიან პერსპექტივაში? ობიექტურ ინფორმაციას აღნიშნულის შესახებ გვაწვდის ისევ და ისევ მრავლობითი კვლევები: ინსტიტუციები და სფეროს მკვლევრები სხვადასხვა ქვეყნიდან სწავლობენ STEM-ის დანერგვის როგორც ზოგად პრინციპებს, ისე მის კერძო მაგალითებს, მის სწავლებას ცალკეული საგნის ფარგლებში თუ ინტერდისციპლინური ფორმით.

ინტეგრაციის ფენომენის შესწავლას STEM განათლებაში იმთავითვე განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ხედვები კონცეპტუალურ დონეზე განსხვავდებოდა ერთმანეთისგან, რის გამოც დამკვიდრებულია და დღემდე მუშაობს STEM-ის ფარგლებში ინტეგრაციის საკმაოდ ფართო განმარტება: ინტეგრაცია STEM სფეროებს შორის მოიაზრებს მოსწავლეების მუშაობას და-

ვალეებზე სხვადასხვა კომპლექსური ფენომენის, პრობლემის ან სიტუაციის კონტექსტში, რომელიც, თავის მხრივ, მოითხოვს სხვადასხვა დისციპლინის ცოდნისა და უნარების გამოყენებას (Honey et al. (2014) (5).

Vasquez და ავტორებმა (2013) გამოყვეს და STEM საზოგადოებას შესთავაზეს ინტეგრაციის შემდეგი ფორმები (9).

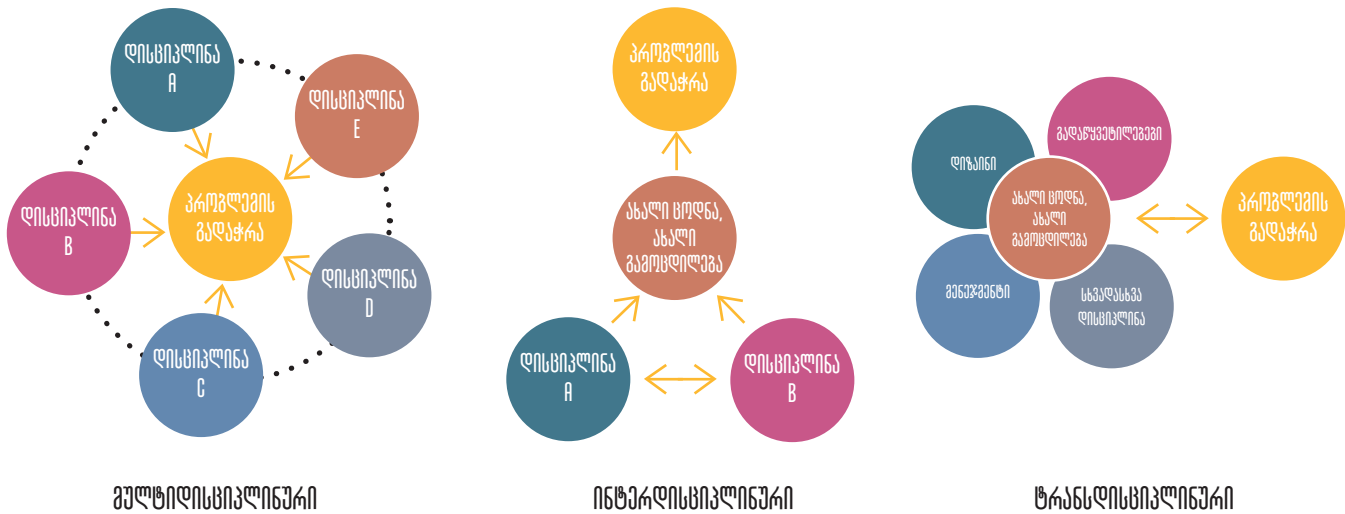
#	ინტეგრაციის ფორმა/ხარისხი	ინტეგრაციის მახასიათებლები
1	ცალკეული დისციპლინა (ნულოვანი ინტეგრაცია)	ცნებები და უნარები ისწავლება STEM-ის ცალკეული დისციპლინის ფარგლებში. ინტეგრაცია არ ხორციელდება.
2	მულტიდისციპლინური	ცნებები და უნარები ისწავლება ცალ-ცალკე STEM-ის თითოეული დისციპლინისათვის, მაგრამ საერთო თემის ფარგლებში; თითოეულ დისციპლინაში მიღწეული სასწავლო გამოცდილება რჩება საგნობრივი საზღვრების ფარგლებში და არ ფარავს ერთმანეთს; მოსწავლე ხედავს საგანთა შორის კავშირებს.
3	ინტერდისციპლინური	ისწავლება ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული ცნებები და უნარები STEM-ის ორი ან მეტი დისციპლინიდან; სასწავლო გამოცდილება ყალიბდება მხოლოდ მათი გაერთიანების შედეგად. აქ საგნები ეხმარება ერთმანეთს, რათა მოსწავლემ შეიძინოს უფრო ღრმა და გააზრებული ცოდნა.
4	ტრანსდისციპლინური	ცნებები და უნარები STEM-ის ორი ან მეტი დისციპლინიდან გამოიყენება რეალურ სამყაროში არსებული პრობლემების გადასაჭრელად; სწავლა-სწავლება უკავშირდება კონკრეტულ კონტექსტსა და მოსწავლის ინტერესებს, რაც ხელს უწყობს აქტიური სასწავლო გამოცდილების ჩამოყალიბებას.

განსხვავება ინტეგრაციის ფორმებსა და ხარისხებს შორის კარგად ჩანს ქვემოთ მოცემულ სურათზე.

არსებითი საგანი STEM სფეროში არ არსებობს სხვაობისაგან განყენებულად;

რეალურ სამყაროში ისინი ურთიერთდაკავშირებულია;

მათი გაერთიანების საჭიროება იკვეთება სხვადასხვა პროფესიაშიც.



ინტეგრაციის ფორმები.

წყარო: <https://timreview.ca/article/1173>

ბოლო წლებში, როგორც ამას ზემოთ მოტანილი მონაცემებიც ადასტურებს, უფრო პრიორიტეტული ხდება და კურიკულუმებით წახალისებულია STEM საგნების ინტეგრირებული სწავლება. მეტი ფოკუსი კეთდება ინტერდისციპლინურ და ტრანსდისციპლინურ მიდგომებზე. არგუმენტი უდავოა: არცერთი საგანი STEM სფეროში არ არსებობს სხვებისაგან განყენებულად; რეალურ სამყაროში ისინი ურთიერთდაკავშირებულია; მათი გაერთიანების საჭიროება იკვეთება სხვადასხვა პროფესიაშიც. სხვა სიტყვებით, STEM-ი უფრო მეტია, ვიდრე ცალკეული დისციპლინების ჯამი.

გზები ეფექტიანი STEM სწავლებისთვის კვლავ ძიების პროცესშია. როგორც ერთ-ერთი ალტერნატივა, ბოლო პერიოდში პოპულარული ხდება STEM-ის სწავლება კონკრეტული სამრეწველო/ტექნიკური დარგის ფარგლებში, რაც პროფესიული ორიენტაციის დატვირთვასაც ატარებს (Linked Learning). ერთ-ერთი ლიდერი კვლავ აშშ-ია. მაგალითად, კალიფორნიის შტატის სკოლების ნაწილში, სწავლების ზედა საფეხურებზე დანერგილია პროგრამები, რომლის ფარგლებშიც მოსწავლე ირჩევს და ეცნობა კონკრეტულ სამრეწველო/ტექნიკურ დარგს; იღებს სპეციფიკურ

ცოდნასა და უნარებს მის დარგში; აკავშირებს ახალ, პრაქტიკულ გამოცდილებას აკადემიურ (საგნობრივ) ცოდნასთან და იყენებს ამ ყველაფერს კონკრეტული პრობლემების გადასაჭრელად. მსგავსი პროგრამები აღძრავს დიდ მოტივაციას მოსწავლეში და ეხმარება მას, გადადგას რეალური ნაბიჯები სამომავლო პროფესიის ასარჩევად და დასაუფლებლად.

მიუხედავად წინგადადგმული ნაბიჯებისა, საერთო სტატისტიკის მიხედვით, ლიდერ ქვეყნებშიც კი STEM სფერო კვლავ ადრეული განვითარების ეტაპზეა. 2014 წლის მონაცემებით, მიუხედავად იმ დიდი ძალისხმევისა, რაც ჩაიდო STEM-ის განვითარებაში სხვადასხვა დონეზე, STEM განათლება კვლავ საჭიროებს გაუმჯობესებას: აშშ სკოლების დიდ ნაწილში საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები და მათემატიკა კვლავ ისწავლება იზოლირებული საგნების სახით, ხოლო ინჟინერია – პრაქტიკულად არ ფიგურირებს (5).

STEM-ის პრობლემატიკა

მთავარი პრობლემა, რომელიც იკვეთება STEM სწავლებისას, საგნების „უთანასწორობის“ პრობლემაა: იკვეთება დომინანტი საგანი/საგნები, რომლის

ფარგლებში შესაძენი ცოდნა და უნარები კარგად არის აქცენტირებული და საგნები, რომლებიც ასრულებს ინსტრუმენტის ან, უბრალოდ, დამატებითი ინფორმაციის მიმწოდებლის როლს სწავლის პროცესში. უფრო ხშირად, წამყვანი საგნების როლშია საბუნებისმეტყველო დისციპლინები და კომპიუტერული ტექნოლოგიები; „იჩაგრება“ მათემატიკა და ინჟინერია (8, 10, 11). როდესაც სასწავლო პროცესში STEM-ი ინტეგრირებულია მხოლოდ ცალკეული პროექტების/აქტივობების სახით სხვადასხვა დისციპლინის ფარგლებში, კონკრეტული საგნის შესწავლას საფრთხე არ ემუქრება. თუმცა STEM-ის ინტეგრირებული კურსების შემთხვევაში, რომლებსაც უფრო და უფრო ხშირად ირჩევენ სკოლები და უნივერსიტეტები საერთაშორისო მასშტაბით, საჭიროა დამატებითი ძალისხმევა, რომ ცალკეული საგნის სტანდარტით განსაზღვრული ცოდნა და უნარები მიულწეველი არ დარჩეს.

დამატებით უნდა ითქვას ისიც, რომ STEM-ის ინტეგრირებული სწავლების ეფექტურობა და მისი გავლენა მოსწავლეების მიერ საგნობრივი შინაარსის გააზრებაზე ნაკლებად არის გამოკვლეული. საჭიროა მეტი კვლევა ისეთი გზების მოსაძებნად, რომლითაც საგნობრივი აქცენტები უფრო თანაბრად იქნება გადანაწილებული; ეს უაღრესად მნიშვნელოვანია, რათა STEM-ის სწავლებისას, მოსწავლის მიღწევები მხოლოდ ერთი საგნის მიმართულებით არ განვითარდეს.

დღეს ბევრი ქვეყანა ცდილობს, შეიტანოს თავის სასწავლო პროგრამებში STEM მიმართულება სხვადასხვა ფორმით – ცალკეული თემების, აქტივობების ან ინტეგრირებული სასწავლო კურსის სახით. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, STEM-ის სწავლების

STEM-ის სწავლებისას მნიშვნელოვანია

ინტეგრირებული სწავლება, ხოლო მეორე მხრივ, მნიშვნელოვანია ორიენტირება ცალკეული დისციპლინის შინაარსობრივ ცოდნაზე.

ფორმები მრავალფეროვანი და განსხვავებულია. პოლიტიკის დოკუმენტები და სასწავლო გეგმები მრავალ ქვეყანაში აღიარებენ STEM საგნების სწავლების მნიშვნელობას, მიუხედავად იმისა, რომ კონკრეტულ STEM პროექტებში/აქტივობებში ეფექტიანი კავშირი ცალკეულ საგნებს შორის რთული დასამყარებელია (7).

გამოცდილება იმწარმატებული ქვეყნებისა, რომლებიც საერთაშორისო შეფასებებში მუდმივად აჩვენებენ მაღალ შედეგებს, გვეუბნება, რომ ერთი მხრივ, STEM-ის სწავლებისას მნიშვნელოვანია ინტეგრირებული სწავლება, ხოლო მეორე მხრივ, მნიშვნელოვანია ორიენტირება ცალკეული დისციპლინის შინაარსობრივ ცოდნაზე. ამ ქვეყნების სასწავლო გეგმები ფოკუსირდება სასწავლო მიზნებზე, როგორცაა პრობლემების გადაჭრა, კრიტიკული აზროვნება, შემოქმედობითობა, კვლევითი უნარები, მაგრამ ამასთან ერთად, აქცენტს აკეთებს საგნობრივ შინაარსზეც (13). ორივე მიმართულება თანაბრად მნიშვნელოვანია.

მაშინაც კი, როდესაც სასწავლო გეგმაში STEM-ი ჩაღებულია და საგნებს შორის კავშირები კარგად არის გამოკვეთილი, არ არსებობს გარანტია, რომ ეს კურიკულუმი განხორციელდება საკლასო ოთახში და მოსწავლეები შეძლებენ დაინახონ/დაამყარონ კავშირები საგნებს შორის ან აკადემიურ ცოდნასა და აუთენტურ პრობლემატიკას შორის (11). ამ მიმართულებით მხარდაჭერა სჭირდებათ არა მხოლოდ მოსწავლეებს, არამედ მასწავლებლებსაც. გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ STEM განათლება საკლასო ოთახში არ არის მარტივად განსახორციელებელი. აქ წარმატების მისაღწევად მრავალი

პოლიტიკის დოკუმენტები და სასწავლო გეგმები

გრაველ ქვეყანაში აღიარებენ STEM საგნების

სწავლების მნიშვნელობას.

ფაქტორის გათვალისწინებაა საჭირო – ცალკეული საგნის შინაარსზე ფოკუსირება, საგნებს შორის თანაკვეთის პოვნა და ბალანსის დამყარება, რესურსების მომზადება, სასწავლო პროცესის დაგეგმვა, პროცესის ფასილიტაცია და შეფასება. ქვეყნები,

რომლებიც რეალურად ცდილობენ STEM განათლების დანერგვას, აღიარებენ მეტი კვლევების საჭიროებას დანერგვის პრობლემების შესასწავლად და მონაცემებზე დაფუძნებული ინტერვენციების განხორციელების მნიშვნელობას.

ლიტერატურა:

1. National Science Foundation (1998). Information technology: Its impact on undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology. (NSF 98–82), April 18–20, 1996. <http://www.nsf.gov/cgi-bin/getpub?nsf9882> Accessed 16 Jan 2018.
2. Christenson, J. (2011). Ramaley coined STEM term now used nationwide. Winona Daily News Retrieved from http://www.winonadailynews.com/news/local/article_457afe3e-0db3-11e1-abe0-001cc4c03286.html Accessed on 16 Jan 2018.
3. Yeping Li, Ke Wang, Yu Xiao, Jeffrey E. Froyd. International Journal of STEM Education Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. 2020. <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-020-00207-6>
4. English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. International Journal of STEM Education, 3, 3. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186%2Fs40594-016-0036-1.pdf>
5. California Department of Education. (2014). Science, technology, engineering, & mathematics (STEM) information. <http://www.cde.ca.gov/PD/ca/sc/stemintrod.asp>. accessed December, 2014.
6. National Science and Technology Council. (2013). A report from the committee on STEM education. Washington, D.C.: National Science and Technology Council. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf
7. STEM education K-12: perspectives on integration. Lyn D. English International Journal of STEM Education volume 3, Article number: 3 (2016) <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-016-0036-1>
8. Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. Washington: National Academies Press. <http://www.stemoregon.org/wp-content/uploads/2014/04/STEM-Integration-in-K12-Education-Book-Ginger-recommendation-from-OA>
9. Stem Lesson Essentials, Grades 3–8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematicss. By Jo Anne Vasquez, Michael Comer, Cary Sneider. 2013, <https://val.serc.iisc.ernet.in/tlmgmy27u40v/05-nettie-bogan/0325043582-stem-lesson-essentials-grades-3-8-integrating-sc-st.pdf>
10. English, L. D. (2015). STEM: challenges and opportunities for mathematics education. In K. Beswick, T. Muir, & J. Wells (Eds.), Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 1, pp. 3–18). Hobart, Australia: PME.
11. Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), Engineering in pre-college settings: Research into practice (pp. 35–60). West Lafayette, IN: Purdue University Press.
12. Hoachlander, Gary Educational Leadership, v72 n4 p74–78 Dec 2014–Jan 2015, Integrating S, T, E, and M.
13. Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). STEM: country comparisons. Melbourne: Australian Council of Learned Academies.
14. Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review Kelly C. Margot, Todd Kettler International Journal of STEM Education volume 6, Article number: 2 (2019)
15. François Gagné. DMGT: Changes Within, Beneath, and Beyond Article in Talent Development and Excellence - January 2013 (PDF) The DMGT: Changes Within, Beneath, and Beyond (researchgate.net)
16. National Academy of Engineering (NAE) and National Research Council (NRC). (2014). STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research. In M. Honey, G. Pearson, & H. Schweingruber (Eds.), Committee on K-12 engineering education. Washington, DC: National Academies Press
17. The Evolution of Teacher Conceptions of STEM Education Throughout an Intensive Professional Development Experience. Elizabeth A. Ring, Emily A. Dare, Elizabeth A. Crotty, Gillian H. Roehrig Pages 444–467 | Published online: 16 Aug, 2017
18. The Global STEM Alliance (GSA) STEM Education Framework. New York Academy of Science, www.nyas.org/media/13051/gsa_stem_education_framework_dec2016.pdf
19. China's STEM Education in Action: Observations, Initiatives and Reflections, <https://edtechchina.medium.com/chinas-stem-education-in-action-observations-initiatives-and-reflections-a20d6cd43a0c>
20. National Education Policy 2020 Ministry of Human Resource Development Government of India, https://www.education.gov.in/sites/upload_files/mhrd/files/NEP_Final_English_0.pdf



მელა აბრამიშვილი

TPDC საბუნებისმეტყველო
საგნების მხარდაჭერის STEM
პროგრამის კოორდინატორი,
განათლების მეცნიერებების
დოქტორანტი STEM-ის
მიმართულებით (თსუ)

STEM-ის ევოლუცია, STEAM. STEAME?

ცოდნა რეალურ სამყაროში ჰოლისტიკურია, ხოლო სკოლებში ცოდნის საგნებად დაყოფა არის ისტორიული არტეფაქტი, რომელიც მხოლოდ სასწავლო გეგმის მიწოდების პრაგმატულ საშუალებად შეიძლება განვიხილოთ.

სასკოლო ცხოვრების, საგაკვეთილო პროცესის გამრავალფეროვნებისთვის დისციპლინებს შორის კავშირების დამყარების მრავალი ფაქტი არსებობს, თუმცა ასეთი მიდგომა ერთ-ერთ გამორჩეულ დამოწინავე მიდგომად 21-ე საუკუნის დასაწყისში იქცა. ეს ის დროა, როცა საგანმანათლებლო სივრცეში STEM სწავლება ჩნდება; მიზეზი კი არის საბუნებისმეტყველო საგნებით დაინტერესებული მოსწავლეების სიმცირე და, შესაბამისად, კვალიფიციური კადრების ნაკლებობა ამ საგნებთან დაკავშირებულ პროფესიებში. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ თავდაპირველი აკრონიმი იყო SMET, რაც კარგად ასახავდა ამროვნების ხაზს. აქაც, როგორც ისტორიულად, არსებობდა პირველადი საგნები, რომლებსაც გადაკვეთის წერტილი უპოვეს – საბუნებისმეტყველო საგნები და

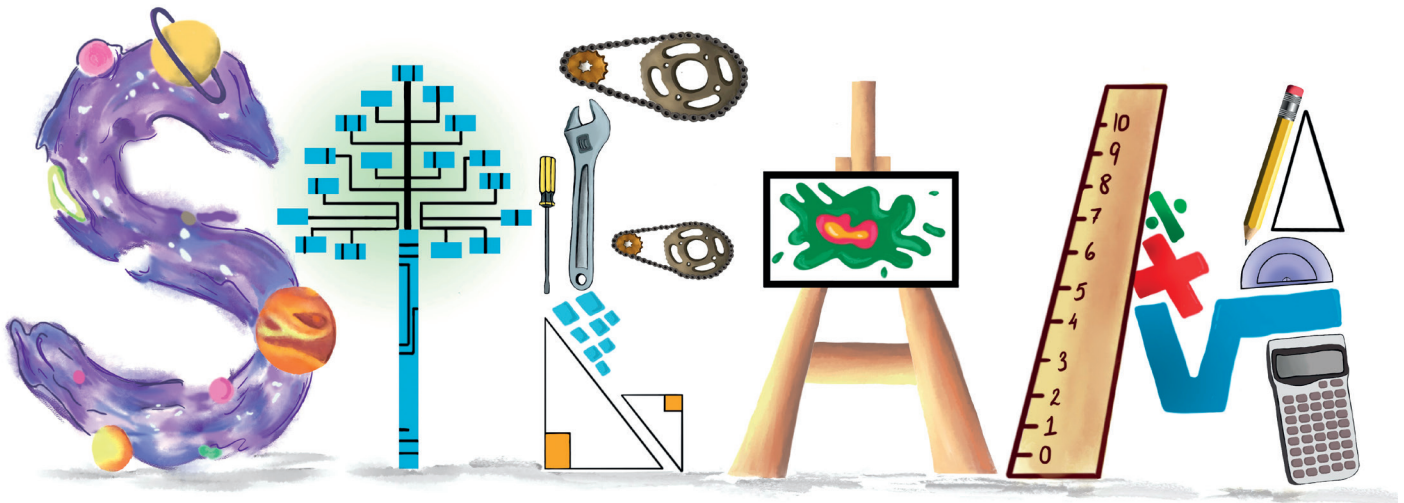
მათემატიკა; შემდეგ მათი გამოყენების სფერო – ინჟინერია, ბოლოს კი – ტექნოლოგია, რომლის ეპოქადაც არის წოდებული 21-ე საუკუნე. აკრონიმი STEM-ი მხოლოდ მისი წარმოთქმის სიმარტივის გამო შეიქმნა. EMSI*-ის ეკონომიკური მონაცემების მოდელირების თანახმად, ამერიკაში STEM განათლების დანერგვის შემდგომ, 2010-2016 წლებში STEM პროფესიებზე ჩარიცხულ ბაკალავრთა რიცხვი 43%-ით გაიზარდა.[1] თუმცა, იმედის მომცემი ზრდის მიუხედავად, 2018 წელს 2.4 მილიონი STEM სამუშაო ადგილი ისევ ვაკანტური დარჩა. ამის ერთ-ერთ მიზეზად ასახელებენ იმ უნარების ნაკლებობას, რომელიც ტექნოლოგიების, ხელოვნური ინტელექტის, კვანტური გამოთვლებისა და რობოტიკის სფეროებში დასაქმებულებს მოეთხოვებათ.

STEM პროფესიებში წარმატების მისაღწევად მხოლოდ პრაქტიკული ცოდნა არ არის საკმარისი.

* ეკონომიკური მოდელირების სპეციალისტების საერთაშორისო გაერთიანება, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალი ხარისხის დასაქმების მონაცემებს და ეკონომიკური მდგომარეობის ანალიზს.

ის მოითხოვს ახალ სიტუაციებთან შეგუებას, პრობლემის შემოქმედებითად გადაჭრას და ისეთი რბილი უნარების განვითარებას, როგორიცაა ინოვაცია, კრიტიკული აზროვნება, თანამშრომლობა, ლიდერობა. თავად ტექნოლოგია განიცდის ცვლილებებს, იხვეწება და სულ უფრო დიდ ადგილს იკავებს ისეთ ინდუსტრიებში, როგორიცაა ჯანდაცვა, ვაჭრობა,

სოდნა რეალურ სამყაროში ჰოლისტიკურია, სოლო სოლუციები სოდნის საგნებად დაყოფა არის ისტორიული არტეფაქტი, რომელიც მხოლოდ სასწავლო გეგმის მიწოდების პრაგმატულ საშუალებად ფიქილება განვიხილოთ.



STEM – რა და როგორ?

STEAM – ვინ და რატომ?

ფინანსები. ის არა მხოლოდ განმეორებით პროცესებს ახორციელებს, არამედ უფრო „ადამიანის მსგავსი“ ხდება. Gartner-ის** პროგნოზით, 2030 წლისთვის მენეჯმენტის ამოცანების (მაგ: მონაცემთა შეგროვება, ზედამხედველობა, ანგარიშგავება) შესრულება ხელოვნური ინტელექტის საშუალებით მოხდება. თუმცა, რჩება გარკვეული საქმიანობები, რომლებიც რბილი უნარების ქონას მოითხოვს, რაც კომპიუტერისთვის სრულიად უცხოა. გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი რბილი უნარებისა (ინოვაცია, კრიტიკული აზროვნება, თანამშრომლობა, ლიდერობა), დღეს დიდი ყურადღება ექცევა ცვლილებებისადმი ადაპტაციის უნარს. ამერიკის ეკონომიკური კვლევის ეროვნულმა ბიურომ დაადგინა, რომ ავტომატიზაციის

გავრცელებამ გამოიწვია მზარდი მოთხოვნა სოციალური უნარების მქონე მუშაკებზე. [2]

STEM სფეროებში შეიცვალა დამოკიდებულება და დღეს მოთხოვნა გაზრდილია პროფესიონალებზე, რომლებსაც აქვთ გამოცდილება და უნარები, დაკავშირებული არა მხოლოდ ტექნიკურ კვლევებთან, არამედ ხელოვნებასთანაც. მაგალითისთვის, ჩინეთის სამომავლო მიზანია არა მხოლოდ დაამზადოს ნივთები, არამედ გადაიქცეს ახალი ნივთების გამომგონებლად და მწარმოებლად და ჩინელებს სჯერათ, რომ მხოლოდ ტექნიკური ცოდნის მქონე ადამიანი ვერ იქნება კონკურენტუნარიანი. [3] მიუხედავად იმისა, რომ საგანმანათლებლო სფეროში ჯერ კიდევ არ არის ჩამოყალიბებული ზუსტი განმარტება თუ რა არის STEM განათლება, როგორ უნდა იგეგმებოდეს STEM პროექტები და მათი ეროვნულ სასწავლო გეგმაში ინტეგრაციაც ჯერ კიდევ განხილვის საგანია,

* Gartner, Inc. არის კვლევითი და საკონსულტაციო კომპანია, რომელიც თავის კლიენტებს აწვდის ტექნოლოგიებთან დაკავშირებულ ინფორმაციას, სწორი გადაწყვეტილებების მისაღებად.

დასაქმების ბაზარმა თავად STEM განათლების განვითარების საჭიროება დააჩქარა.

რას ნიშნავს A STEAM-ში?

STEM-ში ხელოვნების დამატების იდეის ავტორი არის ამერიკელი მკვლევარი, ინჟინერიისა და ტექნოლოგიების მოწვევითი ჟორჟეტა იაკმანი. მისი განმარტებით, ხელოვნების ინტეგრირება STEM-ში უფრო მეტია, ვიდრე მხოლოდ შემოქმედებითი პროცესების განვითარება მოსწავლეებში და სახვითი ხელოვნების დაახლოება STEM სფეროებთან. ის STEAM სწავლებას მოიაზრებს საშუალებად, რომელსაც შეუძლია პასუხი გასცეს კითხვებს ვინ და რატომ? ეს კითხვები კი პირდაპირ კავშირში უნდა იყოს STEM-ის კითხვებთან – რა და როგორ? [4] სურ.1[5]

როდესაც მოსწავლეებს საშუალება ეძლევათ, გამოხატონ საკუთარი პიროვნული თვისებები და დამოკიდებულებები მათ მიერ შექმნილი ნამუშევრებით, პროცესის შემდეგ ისინი იწყებენ საკუთარი თავის გაიგივებას სხვადასხვა პროფესიასთან. STEAM განათლების ჭეშმარიტი მაგია ის არის, რომ მოსწავლეებს შესაძლებლობას აძლევს, საინტერესო პროექტებით დაუახლოვდნენ საბუნებისმეტყველო საგნებს, ტექნოლოგიას, ინჟინერიას და მათემატიკას. გადამწყვეტი როლი აქ ენიჭება ამ საგნებამდე მისასვლელ გზას. თუ ეს იქნება მხოლოდ წიგნებიდან შესასწავლი მასალა – მშრალი და შავ-თეთრი, ცხადია, ამით მოსწავლე ვერ დაინტერესდება. მაგრამ, თუკი ის შეძლებს, შექმნას პროექტი, სადაც გამოიყენებს ინჟინერიის ელემენტებს, თანაც ისე, რომ

საკუთარ შემოქმედებითობას გამოკვეთს და თავის შესაძლებლობებსა და უნარებს გამოავლენს, დიდი ალბათობით, საკუთარ თავში დაინახავს ინჟინერს. თუ მოსწავლეს ავუხსნით, რომ წილადების გამოყენება შესაძლებელია, მაგალითად, ქორეოგრაფიაში, ის მათემატიკას შეხედავს როგორც კრეატიულ და საინტერესო საგანს. მთავარია, მან იგრძნოს საგანი, შევიდეს როლში და დააკავშიროს ნებისმიერი ნასწავლი მასალა ცხოვრებისეულ გამოცდილებასთან. მთავარია, საკუთარ თავში ერთხელ მაინც დაინახოს/იგრძნოს მეცნიერი, ინჟინერი და სხვ.. ხელოვნება კი არის გზა, რომელიც ამის აღმოჩენის საშუალებას იძლევა. სკოლებში იმიტომ გამოიკვეთა STEAM პროგრამების შექმნის საჭიროება, რომ STEAM სწავლება მოსწავლეებს შემოქმედებითს ხდის და უვითარებს მათ თანაგრძნობის უნარს. შემოქმედებითობა და თანაგრძნობის უნარი კი იწვევს ბედნიერებას. [6] ხელოვნება ემოციების გამოხატვასა და კონტროლში ეხმარება ადამიანს, რაც სწავლის პროცესს უფრო მარტივსა და სასიამოვნოს ხდის. ემოციები... რაციონალურობის საკითხია.

2018 წელს განათლების მკვლევრებმა ელეინ პერინინატმა და ჯენ კაც-ბუონინკონტრომ დრეკელის უნივერსიტეტიდან, STEAM განათლების ლიტერატურის მიმოხილვა გამოაქვეყნეს. გამოვლინდა STEAM განათლების ირგვლივ არსებული ორი პრობლემა:

1. შეთანხმების არარსებობა STEAM-ში „ხელოვნების“ მნიშვნელობის შესახებ;
2. შეთანხმების ნაკლებობა STEAM სწავლების დაწერვაზე საგაკვეთილო პროცესში.

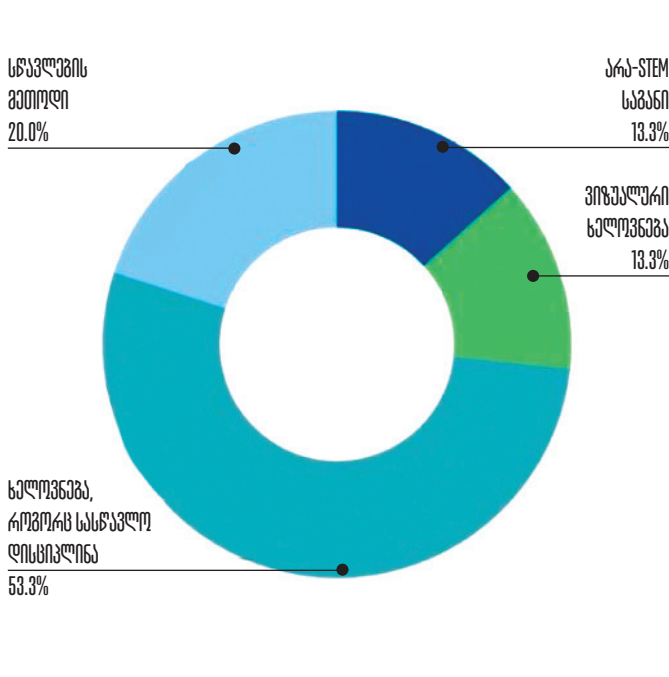
მკვლევრებმა გამოავლინეს, ასევე, ხელოვნების ოთხი ძირითადი განმარტება STEAM-ში:

- ნებისმიერი არა STEAM საგანი;
- ვიზუალური ხელოვნება (მაგალითად, ფერწერა, ქანდაკება);

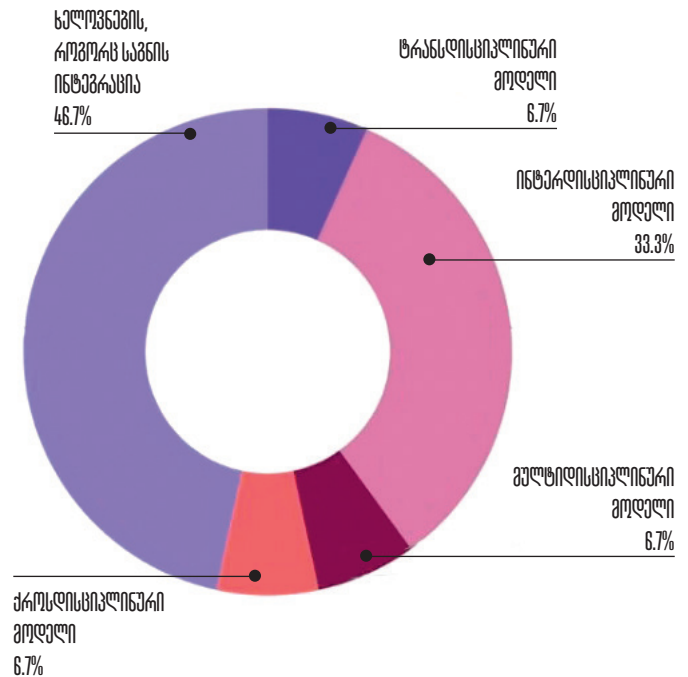
ჟორჟეტა იაკმანი STEAM სწავლებას მოიაზრებს საშუალებად, რომელსაც შეუძლია პასუხი გასცეს კითხვებს ვინ და რატომ? ეს კითხვები კი პირდაპირ კავშირში უნდა იყოს STEM-ის კითხვებთან – რა და როგორ?

- ხელოვნება, როგორც სასწავლო დისციპლინა;
- სწავლების მეთოდი (მაგალითად, პროექტზე დაფუძნებული სწავლება).

მათ მიერ ჩატარებულმა კვლევამ აჩვენა, რომ ლიტერატურის მიმოხილვის დროს, ხელოვნებას სხვადასხვა როლი ეკისრება. (იხ.სურ. 1)



სურ.1



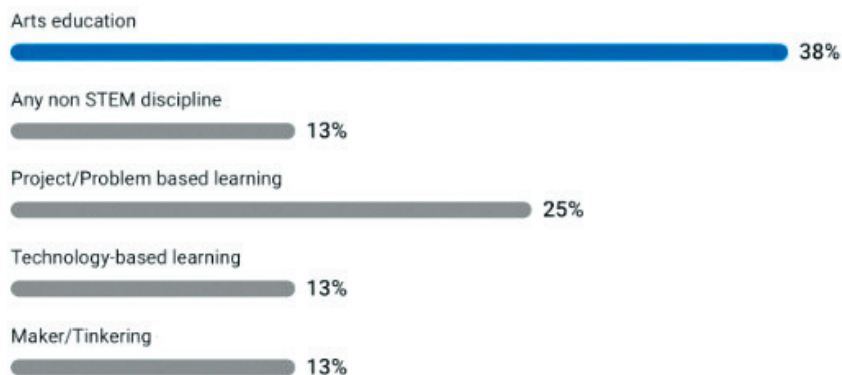
სურ.2

STEAM განათლება ხშირად პროექტებით სწავლების, ხშირად პროექტით სწავლების დროს ახარებს მოსწავლეებს, თუმცა, მასწავლებლებისთვის დიდ საფიქრალად არის ქმნული.

ასევე, მათმა კვლევამ აჩვენა, რომ სხვადასხვა შეხედულება არსებობს სასწავლო პროცესში STEAM სწავლების დანერგვასთან დაკავშირებით. [7] (იხ.სურ.2)

მიუხედავად ჯერ კიდევ შეუთანხმებელი შეხედულებებისა, STEAM განათლება მაინც სარგებლობს პოპულარობით – ხშირად პროექტებით სწავლების, ხშირად პროექტის სწავლების დროს ახარებს მოსწავლეებს, თუმცა, მასწავლებლებისთვის დიდ საფიქრალად არის ქმნული. განათლების მკვლევრები, მასწავლებლები ხშირად საუბრობენ აღნიშნული საკითხის ირგვლივ. მაგალითად, 2021 წლის 3 დეკემბერს ევროპის სასწავლო ფონდის (ETF) ქართველი წარმომადგენლის მიერ მომზადდა ვებინარი თემაზე

„ინოვაცია ციფრული სამყაროს მიღმა: STEAM განათლება შემოქმედებითობის გათვალისწინებით“, რომელშიც მონაწილეობდნენ განათლების მკვლევრები, მასწავლებლები უკრაინიდან, მოლდოვიდან, აზერბაიჯანიდან, ბელარუსიდან, სომხეთიდან. საქართველოდან მონაწილეობდნენ მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრის საბუნებისმეტყველო საგნების მხარდამჭერი პროგრამის „ჩხირკედელა“ წარმომადგენლები. საგანმანათლებლო სფეროში ჩართულმა პირებმა ერთმანეთს გამოცდილება გაუზიარეს და გამოკითხვაში თუ რას ემსახურებოდა ხელოვნება STEAM-ში, შემდეგი სურათი გამოიკვეთა: (სურ.3)



სურ.3[8]

ფაქტი ერთია, ზემოთ ხსენებული კვლევიდან 3 წლის შემდეგაც არ არსებობს ზუსტი განსაზღვრება თუ რა დატვირთვა აქვს ხელოვნებას STEAM-ში. თუმცა, STEAM სწავლება რომ საინტერესოა და აქტუალობას არ დაკარგავს, მის მიერ განვითარებული უნარებიდან გამომდინარე, ისიც მოწმობს, რომ PISA-ს შეფასების საერთაშორისო პროგრამის ტესტირებაში 2022 წელს ყურადღება გამახვილდება მათემატიკაზე, შემოქმედებითი აზროვნების დამატებითი ტესტით. [9]

რა თქმა უნდა, ეს ყველაფერი არ არის. მიუხედავად ზემოხსენებული „გაუგებრობებისა“ და საბოლოოდ ფართომასშტაბით ვერდანახული შედე-

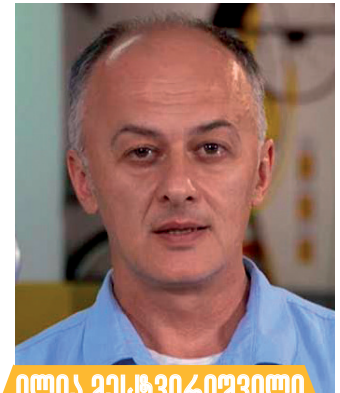
გისა, ნელ-ნელა დღის წესრიგში დგება STEAM სწავლებაში მეწარმეობის ინტეგრირებაც STEAME (entrepreneurship).

რომ შევაჯამოთ, პრობლემის აღმოჩენა და მისი შემოქმედებითად მოგვარება არის ორი ძირითადი უნარი, რომელიც 21-ე საუკუნეში ადამიანს კონკურენტუნარიანად აქცევს; ამისათვის საჭიროა, მას შეეძლოს სხვადასხვა რაკურსიდან დააკვირდეს მოვლენებს და შექმნას პროდუქტი, რომელშიც საკუთარ თავს გამოავლენს. ამის მიღწევა კი შესაძლებელია სკოლებში STEAM სწავლების სწორად დანერგვით.

ლიტერატურა:

1. <https://www.visualcapitalist.com/stem-education-crisis-future-work/>
2. <https://www.ucf.edu/online/engineering/news/comparing-stem-vs-steam-why-the-arts-make-a-difference/>
3. Lisa G. Catterall, „A Brief History of STEM and STEAM from an Inadvertent Insider“, 2017 STEAM journal, p. 3
4. <https://onlinedegrees.sandiego.edu/steam-education-in-schools/>
5. Lisa G. Catterall, „A Brief History of STEM and STEAM from an Inadvertent Insider“, 2017 STEAM journal, p. 6
6. <https://amt-lab.org/blog/2020/5/so-why-is-there-an-a-in-steam#:~:text=In%20more%20recent%20years%2C%20how-ever,engineering%2C%20arts%2C%20math>
7. <https://openspace.etf.europa.eu/blog-posts/innovation-beyond-digital-steam-education-creativity-mind-webinar-report>
8. <https://www.oecd.org/pisa/>

კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება – მნიშვნელოვანი, პრობლემები და გადაწყვეტები GO-LAB-ის გამოყენებით



ილია მესხიშვილი

მეცნიერებისა და მისი მნიშვნელობის გაგება აუცილებელია დღევანდელ საზოგადოებაში. მიმდინარე ვირუსულმა ეპიდემიამ კარგად დაგვანახა თუ რაოდენ მნიშვნელოვანია საზოგადოების მიერ მარტივი მეცნიერული ფაქტების სწორად გაგება და გააზრება. მეცნიერებისა და მისი ღირებულების გააზრება საზოგადოების მიერ, დიდწილად, სკოლებში მისი სწავლების ხარისხითაა განპირობებული. ამიტომ მნიშვნელოვანია, რომ: 1.) საბუნებისმეტყველო საგნების მასწავლებლებს გააზრებული ჰქონდეთ მეცნიერების არსის საფუძვლები, კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება; 2.) ჰქონდეთ მარტივი და ხელმისაწვდომი ინსტრუმენტები მეცნიერული ამროვნების დანერგვისათვის. სწორედ ერთ ასეთ ინსტრუმენტს წარმოგიდგენთ მოცემულ სტატიაში.

თუმცა, მოდით თანმიმდევრულები გიყოთ და ჯერ მარტივად განვსაზღვროთ, რას ვეძახით მეცნიერებას, კვლევაზე დაფუძნებულ აქტივობებს, ხოლო შემდეგ უკვე ვნახოთ თუ როგორაა ჩვენ მიერ წარმოდგენილი ინსტრუმენტი მომართული ასეთი სწავლების რეალიზაციისათვის.

მეცნიერება განისაზღვრება როგორც: ა.) ცოდნა; ბ.) კვლევის პროცესი;

მეცნიერები – როგორც სამეცნიერო საწარმოში ჩართული ადამიანები.

საბუნებისმეტყველო საგნების მასწავლებლები, როგორც წესი, კონცენტრირდებიან ცოდნის გადაცემაზე, რომელიც აყალიბებს მათ დისციპლინას. თუმცა, ეს მეცნიერების მხოლოდ ერთი ასპექტია; მოსწავლეებმა, ასევე, უნდა გაიგონ მეცნიერული კვლევის პროცესი; გაგება უნდა მოხდეს მათი საკუთარი, ინდივიდუალური გამოცდილების მეშვეობით როგორც კლასში, ასევე, სკოლის გარეთ.

კონკრეტულად რას ვგულისხმობთ „კვლევაში“?

სამეცნიერო საგანმანათლებლო ლიტერატურაში „კვლევა“ მოიხსენიება როგორც მინიმუმ სამი განსხვავებული, მაგრამ ურთიერთდაკავშირებული აქტივობის კატეგორია:

1. რას აკეთებენ მეცნიერები (მეცნიერული მოვლენების გამოკვლევა მეცნიერული მეთოდების გამოყენებით, ფიზიკური სამყაროს ასპექტების ასახსნელად);
2. როგორ სწავლობენ მოსწავლეები (მეცნიერული კითხვების დასმით და სამეცნიერო ექსპერიმენტ-



საგუნდო-პედაგოგიკური საგნების განვითარების, როგორც წესი, კონსტრუქციული სივრცის გადაწყვეტილება, რომელიც აყალიბებს მათ დისკუსიას. თუმცა, ეს მეცნიერების გეგმით ერთი ასპექტია; მოსწავლეებს, ასევე, უნდა გაეზიარებინათ კვლევის პროცესი; გაეზიარებინათ მოხდენა მათი საკუთარი, ინდივიდუალური გამოცდილების მეშვეობით როგორც კლასში, ასევე, სკოლის გარეთ.

ტეხში ჩართვით, მეცნიერთა მიერ გამოყენებული პრაქტიკისა და პროცესების მიზანმიმართული;

3. პედაგოგიკა – ანუ სწავლების სტრატეგია, რომელიც აღიარებულია საბუნებისმეტყველო საგნების მასწავლებლების მიერ (სასწავლო აქტივობების შემუშავება და ხელშეწყობა, რაც საშუალებას აძლევს მოსწავლეებს, დააკვირდნენ, ჩაატარონ ექსპერიმენტი და კრიტიკულად გაანალიზონ მისი შედეგები) (Minner et al., 2010).

მაგალითად, აშშ-ის კვლევითი ეროვნული საბჭო კვლევას განმარტავს, როგორც „ურთიერთდაკავშირებული პროცესების ერთობლიობას, რომლითაც მეცნიერები და სტუდენტები სვამენ კითხვებს ბუნებისა და სამყაროს შესახებ და იკვლევენ მოვლენებს; ამით სტუდენტები იძენენ ცოდნას და ავითარებენ ცნებების, პრინციპების, მოდელების და თეორიების

მდიდარ გაგებას... და სწავლობენ მეცნიერებას ისე, რომ ასახავდეს თუ როგორ მუშაობს მეცნიერება რეალურად“ (NRC, 1996: გვ.214).

კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება (IBL) სულ უფრო პოპულარული ხდება საბუნებისმეტყველო საგნების სასწავლო გეგმებში, საერთაშორისო კვლევებსა და რეალურ სასწავლო პროცესში. კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება არის საგანმანათლებლო სტრატეგია, რომლის დროსაც სტუდენტები მიჰყვებიან პროფესიონალი მეცნიერების მეთოდებსა და პრაქტიკებს ცოდნის შესაქმნელად (კესელმანი, 2003). ეს არის ახალი მიზნებზე დეგობრივი ურთიერთობების აღმოჩენის პროცესი, სადაც მოსწავლე აყალიბებს ჰიპოთეზებს და ამოწმებს მათ ექსპერიმენტების ჩატარებით და/ან დაკვირვებით (Pedaste, Mäeots, Leijen, & Sarapuu, 2012). ხშირად ის განიხილება, როგორც პრობლემის გადაჭრის მიდგომა და მოიცავს პრობლემის გადაჭრის რამდენიმე უნარ-ჩვევის გამოყენებას (Pedaste & Sarapuu, 2006). კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება ხაზს უსვამს მოსწავლის აქტიურ მონაწილეობას და მის პასუხისმგებლობას ახალი ცოდნის აღმოჩენაში (de Jong & van Joolingen, 1998). ამ პროცესში მოსწავლეები ხშირად ახორციელებენ დამოუკიდებელ, ნაწილობრივ ინდუქციურ და ნაწილობრივ დედუქციურ სწავლის პროცესს ექსპერიმენტების ჩატარებით, რათა გამოიკვლიონ ურთიერთობა დამოკიდებული და დამოუკიდებელი ცვლადების მინიმუმ ერთი კომბინაციისათვის (Wilhelm & Beishuizen, 2003).

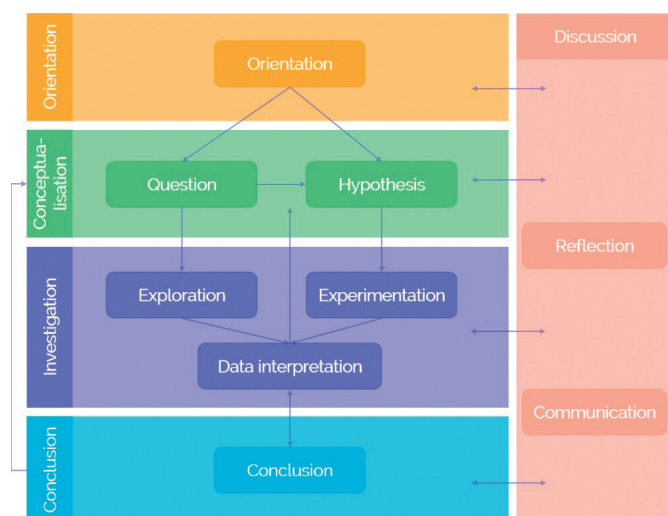
კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება ოფიციალურად დასახელდა როგორც მთავარი პედაგოგიკური მიდგომა მეცნიერების სწავლის გასაუმჯობესებლად ბევრ ქვეყანაში (Bybee et al., 2008; Hounsell & McCune, 2003; Minner et al., 2010) და მას შემდეგ, რაც გამოქვეყნდა მოხსენება: „სამეცნიერო განათლება ახლა: ახალი პედაგოგიკა ევროპის მომავლისათვის“ (“Science Education Now: A New Pedagogy for the Future of Europe” Rocard et al., 2007) – კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება გამოცხადდა ევროპის ერთ-ერთ მთავარ

საგანმანათლებლო მიზნად (აშშ-ში მსგავსი ქმედებების შემდეგ, კვლევითი ეროვნული საბჭოს მიერ, 1996, 2000; განათლების განვითარების ცენტრის სამეცნიერო განათლებისთვის, 2007).

კვლევის ფაზები და კვლევის სწავლის სიკლი

კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება მიისწრაფვის, ჩართოს მოსწავლეები ავთენტური სამეცნიერო აღმოჩენის პროცესში. პედაგოგიკური თვალსაზრისით, რთული სამეცნიერო პროცესი იყოფა არაერთ უფრო მცირე, ლოგიკურად დაკავშირებულ ერთეულად, რომელიც წარმართავს სტუდენტებს და ამახვილებს ყურადღებას სამეცნიერო აზროვნების მნიშვნელოვან მახასიათებლებზე. ამ ცალკეულ ერთეულებს კვლევის ფაზებს უწოდებენ და მათი ერთობლიობა აყალიბებს კვლევის ციკლს.

გთხოვთ, ამ ბმულზე გადასვლით გაეცნოთ თუ როგორაა ეს პროცესი წარმოდგენილი Go-Lab-ში <https://support.golabz.eu/inquiry-based-learning>



კვლევის ციკლის წარმოდგენის გზა, როგორც წესი, გვთავაზობს ფაზების მოწესრიგებულ თანმიმდევრობას. თუმცა, კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება არ არის ხისტად დადგენილი, ერთხაზოვანი პროცესი. ფაზებს შორის კავშირი შეიძლება განსხვავდებოდეს კონტექსტიდან გამომდინარე.

მნიშვნელოვანია, გამოვიკვლიოთ თუ როგორ უკავშირდება კვლევის ფაზები კვლევის დროს მსჯელობის პროცესს. წარმოგიდგენთ კვლევაზე დაფუძნებული სწავლების ახალ ჩარჩოს, რომელიც მოიცავს კვლევის ხუთ ზოგად ფაზას:

- ორიენტაცია,
- კონცეპტუალიზაცია,
- ექსპერიმენტი,
- დასკვნა,
- დისკუსია.

Go-LAB კვლევაზე დაფუძნებული სასწავლო ჩარჩო

კვლევის ზოგიერთი ეტაპი მოიცავს რამდენიმე ქვეპროცესს, მაგრამ კვლევის პროცესის ყველა ფაზა მჭიდროდ არის დაკავშირებული ერთმანეთთან და უზრუნველყოფს სტრუქტურას, რომელიც მიზნად ისახავს, გაზარდოს ონლაინ ლაბორატორიებითა და დამატებითი სასწავლო ინსტრუმენტებით ჩატარებული სასწავლო აქტივობების ეფექტიანობა.

ციკლის პირველ ორ ფაზაში (ორიენტაცია და კონცეპტუალიზაცია) მოსწავლეებს ეძლევათ შესაძლებლობა: შეაგროვონ ინფორმაცია საკვლევ თემაზე, გააკეთონ შენიშვნები და მოამზადონ ჰიპოთეზები და საკითხები, რომელთა გამოკვლევაც სურთ. საჭიროა, ასევე, შესაბამისი ხელსაწყოები (კონცეფციის რუქის შაბლონები, საძიებო პროგრამული უზრუნველყოფა, scratchpads, ჰიპოთეზის შემქმნელი და ა.შ.), რაც დაეხმარება მოსწავლეებს დამოუკიდებლად მუშაობაში.

ონლაინ ლაბორატორიასთან ფაქტობრივი ურთიერთქმედება ხდება მესამე ფაზაში, ექსპერიმენტში (რომელიც მოიცავს კვლევას, ექსპერიმენტს და მონაცემთა ინტერპრეტაციას). აქ მოსწავლეები აგროვებენ კონკრეტულ მონაცემებს და ამოწმებენ ჰიპოთეზის სისწორეს ინდივიდუალური, ონლაინ ან რეალური ექსპერიმენტების ჩატარებით.

კვლევის სწავლის პროცესის ბოლო ორი ეტაპის განმავლობაში (დასკვნა და დისკუსია), მოსწავლეები სწავლობენ, როგორ დაწერონ მეცნიერული კვლევის ანგარიში – განმარტებები, რომლებიც

აკავშირებს მათ ჰიპოთეზებს ექსპერიმენტის ფაზაში შეგროვებულ მტკიცებულებებთან. გარდაამისა, ისინი აკეთებენ რეფლექსიას თავიანთი სწავლის პროცესსა და შედეგზე, ადარებენ და განიხილავენ მათ სხვა მოსწავლეების ნამუშევრებთან მიმართებაში. მასწავლებლებს შეუძლიათ შეაფასონ თავიანთი მოსწავლეების სწავლის შედეგები და განსაზღვრონ შემდგომი ნაბიჯები შემდეგი გაკვეთილებისათვის.

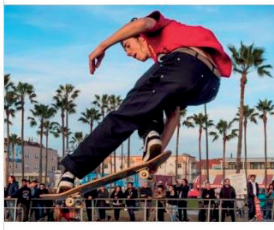
დაგოლოს არის თუ არა გამოყენებით სწავლა ეფექტური?

რამდენიმე რაოდენობრივი კვლევა მხარს უჭერს კვლევაზე დაფუძნებული სწავლების ეფექტიანობას, როგორც სასწავლო მიდგომა. მაგალითად, კვლევაზე დაფუძნებული სწავლების შედარებამ სწავლების სხვა ფორმებთან, როგორცაა პირდაპირი ინსტრუქცია ან დამოუკიდებელი აღმოჩენა, დაადგინა, რომ კვლევაზე დაფუძნებული სწავლებისას მოსწავლეების შედეგები უფრო მაღალია (Alfieri, Brooks, Aldrich, & Tenenbaum, 2011). ასევე, Minner, Levy და Century-ის კვლევის სინთეზში, სადაც 138 კვლევა განხილული, სწავლების სხვა ფორმებთან შედარებით, აშკარა უპირატესობა ჰქონდა კვლევაზე დაფუძნებულ სასწავლო პრაქტიკას, მოსწავლის მიერ საკითხების კონცეპტუალური გაგების მიმართულებით (Minner et al., 2010).

ბოლოდროინდელი ტექნოლოგიური მიღწევები კიდევ უფრო ზრდის კვლევაზე დაფუძნებული სწავლების გამოყენების წარმატებას (de Jong, Sotiriou, & Gillet, 2014). საგანმანათლებლო პოლიტიკის ორგანოები მთელს მსოფლიოში განიხილავენ კვლევაზე

GO-LAB
Labs
Apps
Spaces
Authoring
Support
Premium
About
News

სკეიტ პარკი



Creator Lali Poporadze, Dina Kimeridze, baia abramishvili, sofiocccvmllnm nmhvbvkkbugadze

Age Range 13-14

Big Ideas Of Science Energy Transformation

Subject Domains Physics

Language Georgian

Average Learning Time 45 Minutes

License Creative Commons Attribution-Noncommercial (CC BY-NC) - default

Works Offline No

Description

ინტერაქტიული კვლევის აქტივობა, რომლის ფარგლებშიც სტუდენტმა შესწავლა ენერგიის შენახვის კანონი სკეიტ ბილიკის შექმნისას.

დაფუძნებულ სწავლებას, როგორც სასიცოცხლო კომპონენტს მეცნიერულად განათლებული საზოგადოების შესაქმნელად (ევროპის კომისია, 2007; ეროვნული კვლევის საბჭო, 2000).

Go-Lab-ი აქტიურად ინერგება მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრის (მასწავლებლის სახლის) მიერ და ქართველი მასწავლებლების მიერ შექმნილი აქტივობები შეგიძლიათ იხილოთ ბმულზე (<https://www.golabz.eu/spaces?language=1247>).

ამ ინსტრუმენტის თქვენს სკოლაში გამოყენებით დაინტერესების შემთხვევაში, გთხოვთ, მოგწეროთ მოცემულ ელექტრონულ მისამართზე და შეიძლება დაიგეგმოს თქვენი კონკრეტული სასწავლო გარემოსათვის ადაპტირებული ტრენინგი.

ლიტერატურა:

- Margus Pedaste, et. al. — Educational Research Review 14 (2015) 47-61
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? Journal of Educational Psychology, 103, 1-18.
- Bybee, R.W. (2000). Teaching science as inquiry. In van Zee, E.H. (Ed.), Inquiring into Inquiry Learning and Teaching Science. Washington, DC: AAAS. pp 20-46.
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. Review of Educational Research, 68, 179-202.
- de Jong, T. (2006a). Computer simulations — technological advances in inquiry learning. Science, 312, 532-533.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction — what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. Journal of Research in Science Teaching, 47, 474-496.
- National Research Council (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.

საბუნებისმეტყველო საგნების ინტეგრირებული სწავლების სირთულეები და გადაწყვეტის გზები



ნურბერ მოსულიშვილი

TPDC საბუნებისმეტყველო საგნების მხადტერის STEM პროგრამის ლაბორატორია „ჩხირკედელას“ ხელმძღვანელი. „CERN“ შვეიცარია, ჟენევა, ელსპერიმენტი ატლასი, კოლაბორაციის წევრი. საქართველოს უნივერსიტეტი

„შეისწავლე ხელოვნების მეცნიერება.“

შეისწავლე მეცნიერების ხელოვნება“.

ლეთნარდო და ვინჩი

შესავალი

საბუნებისმეტყველო საგნების სკოლაში ნაკლებად პოპულარულია, რადგან სწავლება მიმდინარეობს არასაინტერესო ფორმით და მიმართულია მექანიკურ დამახსოვრებაზე. სწავლობენ იმისთვის, რომ ჩააბარონ გამოცდები და ტესტები და ვერ ხედავენ კავშირს გარემომცველ სამყაროსთან, რაც მთავარია, ვერ ხედავენ დასაქმების პერსპექტივას, ამიტომ მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ ის თუ რას ვასწავლით, არამედ როგორ ვასწავლით.

ჩვენ ჯერ კიდევ წარსულის საგანმანათლებლო სისტემის ტყვეობაში ვართ; დღევანდელი განათლების სისტემა ორიენტირებულია ცოდნის გადაცემასა და განათლების მიღებაზე, ხოლო განათლება და აზროვნება ორი სხვადასხვა რამაა. განათლება ხშირად მხოლოდ ინფორმაციაა, რომელსაც ვიღებთ და არ ვამუშავებთ, აზროვნების მეშვეობით კი, ინფორმაციას გამოყენებად ცოდნად ვაქცევთ, რაც აუცილებელი თვისებაა არამართო პიროვნების წარმატებულ პროფესიონალად ჩამოსაყალიბებლად, არამედ ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისთვისაც. შესაბამისად, შეფასების სისტემაც ორიენტირებულია

დამახსოვრებაზე და არა ცოდნის გამოყენების უნარებზე. ისევ და ისევ ნიშნებსა და დიპლომზე ორიენტირებული და არა ცოდნასა და განათლებაზე. ასევე, დღევანდელი განათლების სისტემა საკმარისად არ ამახვილებს ყურადღებას რეალური პრობლემების გადაჭრის სწავლებაზე და არ არის ინტერდისციპლინური. ყოველივე ეს მხოლოდ აისბერგის ზედაპირია, ზედაპირზე არ ჩანან ის ბავშვები, რომლებიც განათლების პროცესში ინტეგრაციას ვერ ახდენენ, ვისაც სწავლება არ მოსწონს და ვინც რეალურად ვერაფერს ღირებულს ვერ იღებს ამ სისტემიდან. ბავშვებს აქვთ ბუნებრივი ინტერესი ტექნოლოგიების მიმართ, ეს ინტერესი შეგვიძლია გამოვიყენოთ მათში ტექნიკური და შემოქმედებითი აზროვნების ჩამოყალიბებისთვის, რაც მნიშვნელოვანია არა მარტო თანამედროვე სამყაროში ადაპტირებისთვის, არამედ ქვეყნის ეკონომიკური და სოციალური ფონის გაუმჯობესებისთვისაც.

მსოფლიოში, სადაც ტექნოლოგიები სულ უფრო სწრაფი ტემპით ვითარდება, ქვეყნების მზარდი რაოდენობა ხაზს უსვამს STEAM განათლების მნიშვნელობას და აუცილებლობას, რადგან ამ მიმართულების პროფესიები ნაკლებად პოპულარულია და

ყველგან არის კადრების ნაკლებობა. ჩვენი ქვეყანა, ტექნოლოგიების კუთხით, ჯერ კიდევ, მხოლოდ მომხმარებლის პასიურ როლშია. დღევანდელ დღეს კი ქვეყნის ეკონომიკური სიძლიერისთვის გადაწყვეტი ფაქტორი, არა ბუნებრივი რესურსები, არამედ ინტელექტუალური რესურსია, განსაკუთრებით ტექნოლოგიების კუთხით.

რა არის და რატომ STEAM?

STEAM-ეს არის არა განსხვავებული საგანი, არამედ საბუნებისმეტყველო საგნების განსხვავებულად, კეთებით სწავლება, რომელიც ორიენტირებულია მიღებული თეორიული ცოდნის გამოყენებაზე და კეთების პროცესში ახალი მასალის საინტერესო და სახალისო ფორმით ათვისებაზე. ეს მეთოდი არ აიძულებს ბავშვებს, ისწავლონ მხოლოდ ტესტებისა და გამოცდების ჩაბარების მიზნით და რაც მთავარია, პროფესიული განათლება უკვე საშუალო სკოლაშივე ხდება, რადგან იღებენ გამოცდილებას თუ როგორ გამოიყენონ მიღებული თეორიული ცოდნა პრაქტიკაში.

როგორც ცნობილია, საბუნებისმეტყველო საგნების სრულყოფილი ათვისება შეუძლებელია სკოლის ბაზაზე ლაბორატორიების არარსებობის შემთხვევაში, რაც იწვევს მოსწავლეების ინტერესის დაკარგვას ამ საგნების მიმართ, ლაბორატორიის შექმნა კი საკმაოდ ძვირადღირებული სიაშეიცავს, კეთებით სწავლების რესურსებთან შედარებით. კეთებით სწავლების მეთოდები მკვეთრად განსხვავდება ტრადიცი-

ული ლაბორატორიული ექსპერიმენტებისგან. ლაბორატორიაში მზა ან ჩვენს მიერ მომზადებულ კონსტრუქციაზე ვაკეთებთ რაიმე მოვლენის დემონსტრირებას და გამოთვლების ჩატარებას, რათა რეალურად გავიაზროთ ახსნილი თეორიული მასალა კონკრეტულ ერთ საგანში, ხოლო კეთებით სწავლებისას, საკუთარი ხელით ვქმნით რეალურ პროდუქტს, სადაც სხვადასხვა საგანში მიღებული თეორიული მასალის გააზრებასთან ერთად, ვსწავლობთ მიღებული ცოდნის ინტეგრირებულად გამოყენების არეალს და როგორც პრაქტიკაც აჩვენებს, მოსწავლეები გაცილებით ინტერესით და გულმოდგინედ მუშაობენ ამ სტილით მოწყობილ სამუშაო გარემოში. ასევე მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ამ შემთხვევაში არ მოითხოვება ცალ-ცალკე ყველა საგანში ტრადიციული ლაბორატორიების მოწყობა.

STEAM არ ზღუდავს და არ აკნინებს ტრადიციულ საგნებს, სწავლების მეთოდებს და სტანდარტებს, პირიქით, ის კიდევ უფრო ეფექტურს ხდის განათლებას. განათლების ბევრი ექსპერტი მიიჩნევს STEAM-ს და მის წინამორბედ STEM-ს 21-ე საუკუნის განათლების აუცილებელ კომპონენტად, რათა მოსწავლეები და სტუდენტები აღჭურვოს იმ უნარებითა და ცოდნით, რომელიც მათ დასჭირდებათ, რომ იყვნენ, 21-ე საუკუნის წარმატებული სპეციალისტები. ამ საგანმანათლებლო მიდგომის მნიშვნელოვანი ნაწილია ისიც, რომ მოსწავლეებსა და სტუდენტებს, რომლებსაც ასწავლიან STEAM ჩარჩოში, არა მხოლოდ ასწავლიან საგანს, არამედ ასწავლიან როგორ ისწავლონ, რაც მნიშვნელოვანი ფაქტორია თვითგანათლების მისაღებად.

STEAM არის საგანმანათლებლო დისციპლინა, რომელიც მიზნად ისახავს, ბავშვებს ადრეული ასაკიდანვე აღუძრას ინტერესი და სიყვარული ტექნიკის, მეცნიერებისა და ხელოვნების მიმართ. მეცნიერება, ტექნოლოგია, ინჟინერია, ხელოვნება და მათემატიკა, ყველა ეს დისციპლინა მოიცავს შემოქმედებით პროცესებს და არცერთი არ იყენებს, მხოლოდ ერთ

STEAM-ეს არის არა განსხვავებული საგანი, არამედ საბუნებისმეტყველო საგნების განსხვავებულად, კეთებით სწავლება, რომელიც ორიენტირებულია მიღებული თეორიული ცოდნის გამოყენებაზე და კეთების პროცესში ახალი მასალის საინტერესო და სახალისო ფორმით ათვისებაზე.

მეთოდს პროექტირებისა და კვლევებისათვის. სწავლების ტრადიციული მოდელებისგან განსხვავებით, მოსწავლეები და მასწავლებლები, რომლებიც იყენებენ STEAM ჩარჩოს, აერთიანებენ დისციპლინებს, მოდელირებისა და პროექტირების პროცესში იყენებენ და ხედავენ კავშირს საბუნებისმეტყველო საგნებს, მათემატიკასა და ხელოვნებას შორის. რა და რატომ არის “A” (ხელოვნება) STEAM განათლებაში მნიშვნელოვანი? ხელოვნებასა და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებს შორის არის დინამიური კავშირი. მაგალითად, მეცნიერება დიდწილად ეყრდნობა ვიზუალურ ხელოვნებას დეტალური ილუსტრაციების გასაკეთებლად. როგორც მეცნიერები, ასევე ინჟინრები იყენებენ მოდელებს — ესკიზების, დიაგრამების, მათემატიკური გაანგარიშების, სიმულაციებისა და ფიზიკური მოდელების ჩათვლით, სისტემის სავარაუდო ქცევის პროგნოზის გასაკეთებლად. ანალოგიურად, მხატვრები მიმართავენ ანალიტიკურ, გეომეტრიულ და ლოგიკურ აზროვნებას თავიანთი ხელოვნების ნაწარმოების შედგენისა და მასშტაბის შესაქმნელად.

გარდა იმისა, რომ STEAM ხელს უწყობს მასალის საინტერესო და სახალისო ფორმით ათვისებას, ასევე, აკმაყოფილებს ინტერესს, ცნობისმოყვარეობას, სიამოვნებას. იგი ავითარებს ისეთ მნიშვნელოვან თვისებებს, როგორიცაა: კრიტიკული აზროვნება და პრობლემების გადაჭრის უნარი, ლიდერობის უნარი, ინიციატივა და მეწარმეობის უნარები, საჭირო ინფორმაციის მოპოვება და ანალიზი, ცნობისმოყვარეობა და წარმოდგენის უნარი, შემოქმედებითი აზროვნება, მეცნიერული და კვლევის უნარ-ჩვევები; აუზმობებს მოტორულ უნარებს, გუნდურ მუშაობას და ურთიერთთანამშრომლობას; აუზმობებს მეხსიერებას, ეხმარება გახდეს თავდაჯერებული, ქმნის კავშირებს დისციპლინებს შორის. მეორე უდიდესი პოზიტიური მხარე ამ სისტემის არის დიფერენცირებული სწავლების შესაძლებლობა. გვაქვს საშუალება, ყველას მივაწოდოთ ცოდნა, მეტ-ნაკლებად მათი უნარ-ჩვე-

STEAM არის საგანმანათლებლო დისციპლინა, რომელიც მიზნად ისახავს, გავზავს ადრეული ასაკიდანვე ალუბრას ინტელექტს და სიყვარული ტექნიკის, მეცნიერებისა და ხელოვნების მიმართ. მეცნიერება, ტექნოლოგია, ინჟინერია, ხელოვნება და მათემატიკა, ყველა ეს დისციპლინა მოიხავეს უზომოქმედებით პროცესებს და არცერთი არ იყენებს, გზავს ერთ მეთოდს პროექტირებისა და კვლევისათვის.

ვების შესაბამისად, რაც საშუალებას გვაძლევს, განვაკითხოთ თითოეულ მოსწავლეს მისი უნიკალური ინდივიდუალური „მიძინებული“ ტალანტი; იმის ნაცვლად, რომ დაიბეპიროს გაკვეთილი წერტილიდან წერტილამდე. ყველა ეს უნარი წარმატებით შეიძლება გამოყენებული იყოს არამარტო საბუნებისმეტყველო და საინჟინრო პროფესიებში; ამით მიაღწევენ კარიერულ წარმატებას სხვა პროფესიებშიც, როგორიცაა მედიცინა, პროგრამირება, ფინანსები და ეკონომიკა, სამართალმცოდნეობა, ეკოლოგია, ენერგეტიკა და სხვა.

STEAM-სწავლების მეთოდები და გაგალითები

STEAM მეთოდი გულისხმობს თეორიისა და პრაქტიკის ერთიანობას, მოსწავლეები მოდელების აგების პროცესში, თამაშითა და გართობით შეისწავლიან სასწავლო პროგრამით გათვალისწინებულ საკითხებს და გახდებიან უფრო დამოუკიდებლები და მოაზროვნეები. ამ შემთხვევაში მოსწავლე შეძენილი ცოდნის საფუძველზე დამოუკიდებლად ასრულებს ამა თუ იმ მოქმედებას, მასწავლებელი კი მხოლოდ მენტორი და ხელისშემწყობია პროექტების შექმნის პროცესში. მოდელების აგების გარეშე ბუნების მოვლენის მეცნიერული ანალიზი შეუძლებელია. STEAM

სწავლების ერთ-ერთი მთავარი ღირებულება კოლექტიური ინტელექტის გამოვლენაა, ამისათვის კი საჭიროა მოსწავლეებმა ჯგუფური მუშაობის უნარები განვითარონ, ჯგუფში სასურველია მინიმუმ 2 და მაქსიმუმ 4-6 (პროექტის სირთულიდან გამომდინარე) ისეთი მოსწავლეები გავაერთიანოთ, რომლებსაც განსხვავებული გამოცდილება და წინარე ცოდნა ექნებათ.

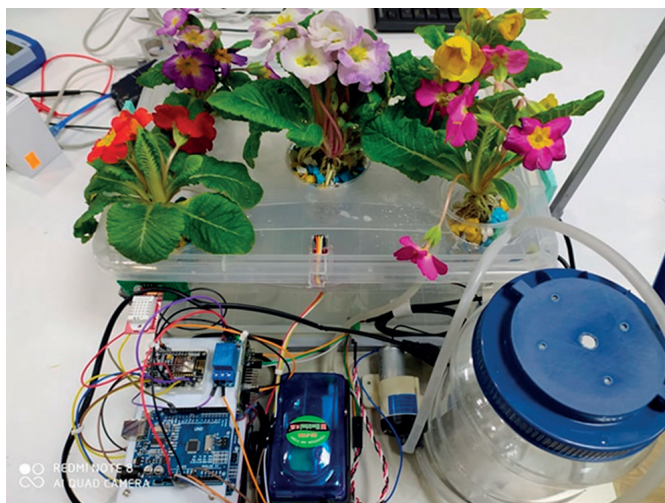
პირველ რიგში შევარჩიოთ ისეთი თემები, რომლებითაც მოვახდენთ ჩვენი მიზნებისა და მოსწავლეთა მოლოდინების თანხვედრას. ბოლო დროს სულ უფრო პოპულარული ხდება განათლებაში რობოტიკის დანერგვა, რაც გულისხმობს ნებისმიერ მოწყობილობას, რომელიც ადამიანს მოუტანს სარგებლობას ნებისმიერ სფეროში. ნებისმიერი ასეთი პროექტი მოითხოვს მინიმუმ ელექტრობის, პროგრამირების და დიზაინის ელემენტების ცოდნას. კლასის, წინარე ცოდნისა და გამოცდილების გათვალისწინებით, პროექტები შესაძლოა შერჩეული იყოს ელემენტარული შუქდიოდის ანთებითაც და ხელოვნური ინტელექტის ელემენტების მქონე რობოტების შექმნითაც. აუცილებელი არაა ყველა პროექტი მოიცავდეს STEAM საგნების ყველა მიმართულების ინტეგრაციას.

პირველ რიგში, განსაზღვრეთ პროექტის მიზანი, საჭირო ცოდნა და ხელმისაწვდომი რესურსები, რომელიც ფოკუსირებული იქნება პრობლემაზე და ფუძნებულ მიდგომაზე და მორგებული იქნება მოსწავლეთა ინტერესებსა და გამოცდილებაზე. აქვე შეგიძლიათ გამოიყენოთ ვირტუალური პროგრამა-კონსტრუქტორი „Tinkercad“-ი. პროექტი უნდა მოიცავდეს დაგეგმვას, დიზაინის შემუშავებას და პრაქტიკულ, კეთებაზე ორიენტირებულ აქტივობებს. ამ პროცესში მოსწავლეებს უწევთ, დეტალურად შეისწავლონ გარკვეული ხელსაწყოების მოქმედების პრინციპები და მათი მოხმარება, მაგალითად, მულტიმეტრი, კვების წყაროები, სარჩილავი, სხვადასხვა გამზომი ხელსაწყოები და სხვა. ასევე, უწევთ სხვადასხვა საგნიდან გარკვეული საკითხების შესწავლა, სენსორებისა და დამხმარე კომპონენტების ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური მოქმედების პრინციპების და პროგრამირების ელემენტებში გარკვევა.

მაგალითისთვის განვიხილოთ მასწავლებლის სახლთან არსებულ კლუბ „ჩხირკედელაში“ მე-9 და მე-10 კლასის მოსწავლეების მიერ შექმნილი ორი მსგავსი პროექტი: „მცენარეებზე მზრუნველი რობოტი“ – მცენარეების გამოზრდა ჰიდროპონიკული მეთოდით (მცენარის გაზრდა ნიადაგის გარეშე), ნახ. 1 და ავტომატიზირებული მინი სათბური, ნახ. 2.

მოსწავლეები ირჩევენ რაიმე მცენარეს, სასურველია სალათის ფურცლები, მარწყვი ან რაიმე ქოთნის

მოსწავლეები ირჩევენ რაიმე მცენარეს, სასურველია სალათის ფურცლები, მარწყვი ან რაიმე ქოთნის



ნახ.1



ნახ.2

მცენარე და ქმნიან მისი საცხოვრებელი გარემოს მაკონტროლებელ ავტომატიზებულ სისტემას. სესნორების დახმარებით, სისტემა იღებს ინფორმაციას მცენარის სასიცოცხლო ფაქტორების შესახებ: ნიადაგის ტენიანობა და მინერალური შემცველობა, ტემპერატურა და განათება, ნახშირორჟანგის და ჟანგბადის შემცველობა. საკვები ხსნარის დონე, ჰაერის მიწოდება ხსნარში. ავტომატიზებული სისტემა, იღებს რა ინფორმაციას გარკვეული პარამეტრის ნორმასთან შეუსაბამობის შესახებ, აკონტროლებს წყლის და საკვების მიწოდებას, განათებას და ტემპერატურულ რეჟიმს (სასურველია ცალკე სენსორების პროგრამულად გამოცდა). უკაბელო გადამცემის საშუალებით კი ვიღებთ ვიზუალურ გამოსახულებას და, სჭიროების შემთხვევაში, მობილური ტელეფონის დახმარებით შეგვიძლია დისტანციურად ვაკონტროლოდ რომელიმე პარამეტრი. სისტემის კონტროლი ხორციელდება მიკროკონტროლერ „arduino“-ს საშუალებით, რომლის პროგრამებიც მორგებულია კონკრეტული მცენარის საარსებო გარემოზე.

ამ პროექტის დახმარებით, მოსწავლეები ეცნობიან როგორც ნიადაგში მცენარეების მოვლის ხელოვნებას, ასევე, მცენარეების გამოზრდის ჰიდროპონიკულ სისტემებს და მოეთხოვებათ ფიზიკის, ქიმიის, ბიოლოგიის და პროგრამირების გარკვეული ცოდნა. გარდა ამისა, მოსწავლეები ეცნობიან მრავალფეროვან სენსორებს და მათი მოქმედების პრინციპებს, მაგალითად: წნევის, ტემპერატურის, ტენიანობის, ჰაერში ნახშირორჟანგის და სხვა მინარევების შემცველობის, მჟავიანობის, სითხის დონის, სინათლის (ფოტორეზისტორის), გამტარების და კომპონენტების მიმდევრობითი, პარალელური და შერეული შეერთების პრინციპებს, სიგნალების და გამოსახულების უკაბელო გადაცემას და სხვა.

მოსწავლეები შეისწავლიან თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებას სოფლის მეურნეობაში, რათა მიიღონ ეკოლოგიურად სუფთა და იაფი პროდუქცია. ასევე შესაძლოა, სკოლის ბა-

ზაზე შეიქმნას სასწავლო-სამეცნიერო კვლევითი და შემოქმედებითი ცენტრი, სადაც მოსწავლეები დააკვირდებიან და შეისწავლიან მცენარეების საარსებო გარემოს თავისებურებებს, დააკვირდებიან მცენარის ზრდის პროცესებს განსხვავებულ პირობებში, მაგალითად, ბუნებრივი და ხელოვნური სხვადასხვა ფერის (ტალღის სიგრძის) განათებისას ფოტოსინთეზის მიმდინარეობას. გაითავისებენ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და ტექნოლოგიების მიღწევების ყოველდღიურობასთან დაკავშირებას.

ასეთი მიდგომა არა მარტო ხელს უწყობს სკოლისა და მოსწავლეების პრესტიჟის ამაღლებას, კონკურსებსა და ფესტივალებში მონაწილეობის გზით, არამედ შესაძლებელს ხდის დამატებითი ფინანსების მოძიებას სხვადასხვა საგრანტო კონკურსში მონაწილეობითაც.



ქეთევან შაკვაშვილი

მათემატიკის ექსპერტი

მათემატიკა, STEM-ი და „ცოდნის ეკონომიკა“

ცივილიზაციის დასაბამიდან, წერა-კითხვასთან ერთად, მათემატიკა მძლავრ სოციალურ ინსტრუმენტს წარმოადგენს. XXI-ე საუკუნეში მეცნიერებების, მათ შორის, საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების (ისტ) განვითარებასთან ერთად, დღითი დღეობრდება მათემატიკის როლი ადამიანების პირად, სოციალურ თუ საზოგადოებრივ ცხოვრებაში. შესაბამისად, ბოლო წლებში, სხვა ქვეყნების მსგავსად, ჩვენს ქვეყანაშიც მათემატიკის, საბუნებისმეტყველო საგნებისა (ე.წ. STEM საგნები) და ისტ-ის სწავლა-სწავლების გაუმჯობესებისადმი ინტერესი მატულობს.

„ცოდნის ეკონომიკის“ ჩამოყალიბების აუცილებლობა ეფუძნება იდეებისა და ინფორმაციის შექმნასა და გამოყენებას, რაც ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისთვის კრიტიკულად მნიშვნელოვანია. გამომდინარე აქედან, მათემატიკა და „ცოდნის ეკონომიკის“ განვითარების დისკურსი ზოგადად, STEM საგნებისა და, კონკრეტულად, მათემატიკის სწავლა-სწავლების გაუმჯობესებისადმი მზარდ ინტერესს იწვევს.

STEM განათლება შესაძლოა თაობის ეკონომიკურ სწავლად გვექმნოდეს

პრობლემის გადაჭრა, მათემატიკური მოდელირების პროცესი, კომპიუტერული ექსპერიმენტი

STEM განათლება იძლევა პრობლემასა და კვლევაზე დაფუძნებული სწავლების მეთოდის დანერგ-

ვისა და განხორციელების შესაძლებლობას. მათემატიკის სწავლებისას, პრობლემის გადაჭრასა და მათემატიკური მოდელირების პროცესს ყურადღება ექცევა სწავლების სამივე საფეხურზე. პრობლემის გადაჭრა ცხოვრებისეულ კონტექსტში თითოეული მოსწავლის სასწავლო გამოცდილების ნაწილი უნდა იყოს. მოცემული გამოცდილება უძლიერებს მოსწავლეებს მათემატიკისადმი ინტერესს და საშუალებას აძლევს მათ, პრაქტიკაში გამოიყენონ ნასწავლი ცნებები, შეძენილი უნარები.

პრობლემის გადაჭრა და ცოდნის გამოყენება რეალურ ცხოვრებისეულ კონტექსტში შეიძლება დაიყოს თემებად, რომელიც მოიცავს მათემატიკის გამოყენებას დასაქმების სხვადასხვა სფეროში.

დავავლებები შეიძლება ეხებოდეს შემდეგ თემებს:

- პერსონალურ და საოჯახო ფინანსებს, სამომხმარებლო არითმეტიკას, რომელიც მოიცავს: მარტივ და რთულ საპროცენტო განაკვეთს, გადასახადით დაბეგვრას, ნაწილობრივ შენატანს, ანაბარზე თანხის დადებას, კომუნალურ გადასახადებს, ფულის გაცვლას და ა.შ..
- სატრანსპორტო განრიგებს, სპორტსა და თამაშებს, რეცეპტებს, არქიტექტორულ გეგმებს, ნავიგაციას, მოსახლეობის რაოდენობის ზრდა-კლებას, დაავადებათა გავრცელებას, იმიგრაციასა და ემიგრაციას, მომხმარებელთა მოთხოვნებს, ბაზრის კვლევას და სხვა საკითხებს.

■ STEM დავალებებს, რაც მოიცავს: საინჟინრო პროდუქტების განვითარებას, ტექნოლოგიების გამოყენებას კომპიუტერული ექსპერიმენტების დროს, ალგორითმის შექმნასა და კოდის დაწერას რეალური სიტუაციის მოდელების შექმნისას, კონკრეტული დავალებების შესრულების დროს ექსელში ფორმულის ჩაწერას, ვორდისა და საოფისე პროგრამების გამოყენებას და ა.შ..

ზემოთ მოცემული სია, ცხადია, არ არის ამომწურავი ან ექსკლუზიური.

პრობლემის გადაჭრა მათემატიკაში ნიშნავს: პრობლემის გააზრებას, სამოქმედო გეგმის შემუშავებას, გეგმის მიხედვით მუშაობას და შედეგების შეფასებას.

მათემატიკური მოდელირების პროცესი ეხება მათემატიკოსთა და მათემატიკის მომხმარებელთა სამუშაოს, რომელიც მნიშვნელოვანია პრობლემის გადასაჭრელად.

კომპიუტერული ექსპერიმენტი, ციფრული ტექნოლოგიები

მათემატიკის სწავლებაში მნიშვნელოვანია გამოთვლითი ინსტრუმენტები. სხვადასხვა სიმულაცია, ციფრული მანიპულატორები და აპლიკაციები შესაძლებელს ხდის კვლევის ჩატარებას, მასალის ვიზუალურად წარმოდგენას, რაც ეხმარება მოსწავლეს ძირითადი ცნებების გააზრებასა და კავშირების დამყარებაში. მოცემული ინსტრუმენტები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ცოდნის ასაგებადაც.

კომპიუტერული ექსპერიმენტის არსი მდგომარეობს შემდეგში: მათემატიკური მოდელის საფუძველზე, კომპიუტერის საშუალებით მოსწავლემ უნდა შეისწავლოს ამა თუ იმ მოვლენის, საკვლევი ობიექტის ფუნქციონირების ძირითადი მახასიათებლები. ამასთანავე, ხშირად, ამ მახასიათებლების შესწავლა ხდება განსხვავებულ პირობებში, სხვადასხვა პარამეტრისთვის; შედეგად დგინდება საკვლევი

ობიექტის ფუნქციონირების ოპტიმალური რეჟიმი, რომელიც ხშირად დიდი, რეალური, ხანგრძლივი და ძვირადღირებული ექსპერიმენტის ეკვივალენტურია.

STEM ინტეგრირებული დავალება „ავზში სითხის დონის დადგენა“

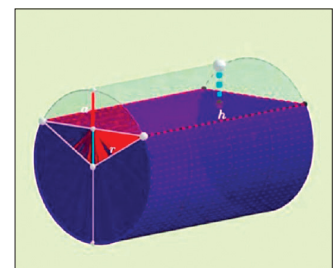
განვიხილოთ ერთი მაგალითი, რომელშიც მათემატიკა, ფიზიკა და ტექნოლოგიების გამოყენება არის ინტეგრირებული.

დავალების წარდგენა:

ბენზინგასამართ სადგურებზე, ავზებს, რომლებსაც ძირითადად ცილინდრის ფორმა აქვს, მიწაში ჰორიზონტალურად (დაწვენილი ფორმით) ათავსებენ. მიწაში მოთავსებულ ავზში სითხის დონის დასადგენად იყენებდნენ ჭოკს (ჭოკის მეთოდი). დღეისათვის უკვე შესაძლებელია, ავზში სითხის დონე დავადგინოთ სხვადასხვა მეთოდით, რაშიც სკოლაში მიღებული ცოდნა დაგვეხმარება.

საკვანძო კითხვა:

გიფიქრიათ თუ არა, როგორ შეიძლება მიწაში განლაგებულ ავზებში სითხის დონის დადგენა თანამედროვე საშუალებებით? როგორ ხდება მოცემული სიტუაციის მათემატიკური მოდელირება?



Geogebra – სიმულაცია მასწავლებლისთვის იხილეთ დავალება

შენი დავალებაა:

1. მოიძიო ინფორმაცია მოცულობის დადგენის მეთოდების შესახებ – როგორ ადგენენ, რა რაოდენობის ბენზინი დარჩა მიწაში ჩაფლულ ავზში.
2. წარმოადგინო, პროგრამა Geogebra-ში შექმნილი ავზის ვირტუალური მოდელი და იმსჯელო:

■ რაში მდგომარეობდა დავალება და როგორ დასახე გადაჭრის გზები (შეგიძლია დაამზადო რაიმე სხვა მოდელი მატერიალური ფორმით

ან სხვა ელექტრონული რესურსების გამოყენებით);

- როგორ შეიძლება დაგეხმაროს გეომეტრიული ობიექტების თვისებების ცოდნა რეალური სიტუაციის მათემატიკურ მოდელირებასა და დავალების შესრულებაში;
- როგორ არის შესაძლებელი ზომების დადგენა და რა მეთოდი აირჩიეთ გამოთვლების შესასრულებლად.

მოუწევთ დაამზადონ მოწყობილობა, რომელიც დაეხმარებათ ავზში სითხის დონის განსაზღვრაში. აღნიშნული მოწყობილობა დასაკავშირებელი იქნება არდუინოსთან. მუშაობის პროცესში გაიაზრებენ:

- რა არის და როგორ მუშაობს ულტრაბგერითი მოწყობილობა;
- როგორ ხდება ულტრაბგერითი სენსორის დაკავშირება არდუინოსთან;
- რაში მდგომარეობს ინჟინრებისა და პროგრამისტების სამუშაო;

გათვასიპა

სამიზნე ცნება: სივრცული ფიგურა, ზომა:

საკითხები:

- I – ცილინდრი, კვეთა, მოცულობა;
- II – სექტორისა და სეგმენტის ფართობი;

ფიზიკა

სამიზნე ცნება: ენერგია

საკითხები: ულტრაბგერა, ბგერის გავრცელება, ექო, ბგერის სიჩქარე.

3. შექმნა მოწყობილობა, რომელიც დაადგენს სითხის დონეს ავზში, გადაამუშავებს მიღებულ ინფორმაციას და მოგვაწვდის სითხის მოცულობის შესახებ ინფორმაციას ავტომატურ რეჟიმში.
4. დაწერო მათემატიკური მოდელი (განტოლება, გამოსახულება, ფორმულა) რომელიც დაგეხმარება, გამოითვალო როგორც ავზის მოცულობა, ასევე, ავზში დარჩენილი სითხის მოცულობა.
5. დაადგინო გარკვეულ სიდიდეებს შორის კავშირი. მაგალითად, წარმოადგინო გრაფიკულად, როგორ არის დამოკიდებული ავზში დარჩენილი სითხის მოცულობა იმ მონაცემზე/სიდიდეზე, რასაც მოწყობილობა გვიჩვენებს.

მოცემულ დავალებაზე მუშაობის დროს შესაძლებელია მათემატიკისა და ფიზიკის დაკავშირება. მასწავლებლებს შეუძლიათ შეთანხმებულად განახორციელონ STEM პროექტი. ქვემოთ მოცემულია იმ საკითხების ჩამონათვალი, რომლის შესწავლის დროსაც შესაძლებელია დავალების დაგეგმვა:

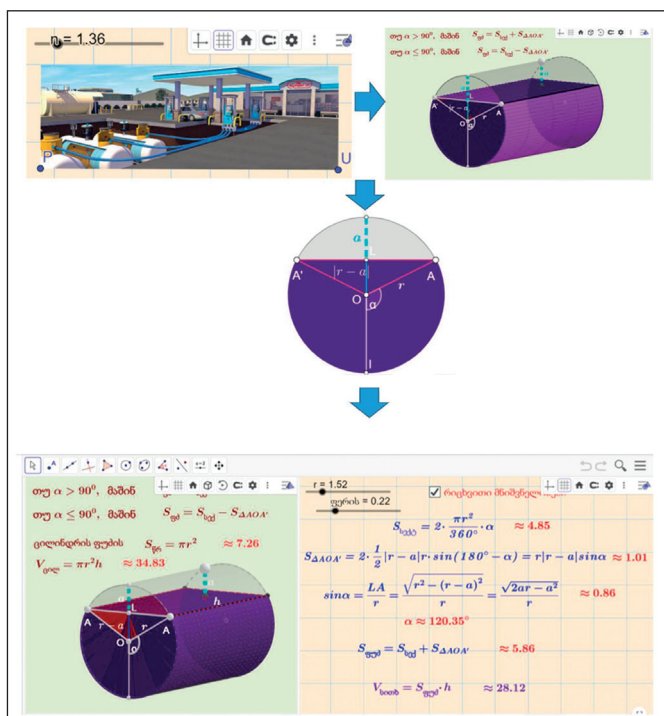
ინჟინერია: პროგრამით გათვალისწინებული საკითხების შესწავლასთან ერთად, მოსწავლეებს

- როგორ შეიძლება, შეიქმნას ინოვაციური პროდუქტები (ახალ მეთოდს შეადარებენ ჭოკის მეშვეობით სითხის დონის განსაზღვრის წესს);
- იფიქრებენ, როგორ შეიძლება გართულდეს აღნიშნული პრობლემა და რა გადაწყვეტა იქნება მოსაფიქრებელი სამომავლოდ.

სწავლის პროცესში დანების მიერ მოსწავლეს შეუძლია შექმნას დავალება ინდივიდუალური მოდგომებით, მიზანია ყველა მიუდგეს შემოქმედებითად პროცესს, იყვნენ ჩართულები მაქსიმალურად პროცესში და წარმოაჩინონ თავიანთი შესაძლებლობები. მოლოდინია, მოსწავლემ შექმნას ავზის მოდელი და ჩაატაროს რეალური ექსპერიმენტი, რომელსაც თან დაურთავს გამოთვლების ფურცელს.

მოსწავლეს შეუძლია პროგრამა Geogebra-ს მეშვეობით შექმნას ავზის ვირტუალური მოდელი და იკვლიოს პროცესი;

ასევე აღვნიშნავ, რომ მოსწავლეებისთვის შექმნილია Geogebra-ში სიმულაცია, სადაც შეუძლიათ ცვალონ პარამეტრები და მიიღონ განსხვავებული მოცულობის მქონე ავზები, ასევე შეუძლიათ განიხილონ სხვადასხვა შემთხვევები და აწარმოონ გამოთვლები (იხილეთ სიმულაცია სიმულაციის ავტორია: ნინო მარდალეიშვილი, დავალების იდეის ავტორი: დავით სონღულაშვილი)



პრეზენტაციებისას მნიშვნელოვანია აჩვენონ, რომ პროცესში მათ დააგროვეს ცოდნა როგორც მათემატიკიდან ისე ფიზიკიდან.

პროცესში მოსწავლეები გაიაზრებენ ინჟინერიის მნიშვნელობას და საგანთაშორის კავშირებს.

დასკვნის სახით აღვნიშნოთ, რომ STEM განათლებას წვლილი შეაქვს ისეთი კომპეტენციების განვითარებაში, როგორიცაა: კრიტიკული და შემოქმედებითი აზროვნება, გუნდური მუშაობა, პრობლემის გადაჭრა; ამბადებს მოსწავლეებს მომავალი შრომითი ბაზრისთვის, სადაც ისინი, ერთობლივი მუშაობით და მეცნიერების, ტექნოლოგიების, ინჟინერიისა და მათემატიკის გამოყენებით, შეძლებენ გლობალურ გამოწვევებთან გამკლავებას. მათემატიკის სწავლისა და STEM განათლების ფარგლებში, მოსწავლეები დაეუფლებიან: ვარაუდის გამოთქმასა და შემოქმედებას; კვლევის დაგეგმვას; საბუნებისმეტყველო თუ საზოგადოებრივ მეცნიერებებში ინტეგრირებული პროექტული დავალების კეთებისას, მათემატიკური ცოდნის გამოყენებით, მათემატიკური მოდელების

შექმნას; გამოთვლით აზროვნებას და სიმულაციების გამოყენებას კომპიუტერული ექსპერიმენტისთვის; მონაცემთა ანალიზს; მარტივი სამეცნიერო, საყოფაცხოვრებო, საინჟინრო პრობლემების გადაჭრას და მიღებული შედეგების განვითარებაზე ფიქრს.

ქვეყნის გრძელვადიანი ეკონომიკური განვითარების რეალური პერსპექტივა გულისხმობს სამეცნიერო ინოვაციებს; ცოდნის მიღების, ათვისებისა და გამოყენების პროცესში აქტიურად მონაწილე შრომითი რესურსების არსებობას, რომელსაც შრომით ბაზარზე სწრაფი ადაპტაცია და ახალ გამოწვევებთან შეგუება შეუძლია, კერძოდ, ახალი მოთხოვნილი ცოდნისა და უნარების განვითარება, სხვადასხვა სფეროში ტექნოლოგიური ინოვაციების ათვისება და მათი ეფექტიანად გამოყენება. მეორე მხრივ, მანქანური სწავლების (machine learning), ავტომატიზაციის (automation) და ხელოვნური ინტელექტის (artificial intelligence, AI) სწრაფ განვითარებასთან ერთად, ახალი პროფესიული როლები ჩნდება, რომლებიც მათემატიკის, კომპიუტერული მეცნიერებებისა და ინჟინერიის სფეროებიდან სულ უფრო სპეციალიზებულ ცოდნას მოითხოვს. ამასთან, ქვეყნის ეკონომიკის სხვადასხვა სექტორში სულ უფრო რთული პრობლემების გადაჭრის მზარდი მოთხოვნა აღინიშნება.

დაბოლოს, აღვნიშნოთ ტექნოლოგიური პროგრესი, უკვე უახლოეს ათწლეულში, პროფესიული საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში ძირეული ცვლილებების მომტანი იქნება. მაგალითად, McKinsey & Company-ის კვლევა (Manyika, 2017) აჩვენებს, რომ არსებული ტექნოლოგიების საფუძველზე, დასაქმების სფეროში პროფესიათა 60%-ს აქვს პოტენციალი, რომ, სულ მცირე, 30%-ით მაინც გახდეს ავტომატიზებული. მსგავსი კვლევები პროგნოზირებს, რომ როლები შეიცვლება და სულ უფრო მეტ ადამიანს მოუწევს საკუთარ პროფესიულ სფეროში ტექნოლოგიების გამოყენება.

ლიტერატურა:

1. სახელმწიფო შეფასება მათემატიკაში – „ცოდნის ეკონომიკა“, STEM; 2018.
2. მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმა.
3. მოცემული დავალება, დამხმარე რესურსებით, იხილეთ ბმულზე აგზში სითხის დონის განსაზღვრა



ნატსირინა კორკაძე

მასწავლებელთა პროფესიული
განვითარების ეროვნული
ცენტრის მათემატიკის
ექსპერტ-კონსულტანტი

საგზაო მოძრაობის მათემატიკური მოდელი

იცით, რომ ახალი გზის მშენებლობა ყოველთვის არ განტვირთავს ხოლმე მოძრაობას და პირიქით, ხანდახან ხელს უწყობს „საცობების“ წარმოქმნას გზებზე? ეს მაშინ ხდება, როცა ქალაქის სატრანსპორტო და გზების მოწყობის სამსახურებში არ ფლობენ ინფორმაციას ბრესის პარადოქსის შესახებ და საერთოდ, სათანადოდ არ იყენებენ მათემატიკოსების ცოდნას და გამოცდილებას. მათემატიკა იძლევა საშუალებას თავიდან იქნას აცილებული მსგავსი პარადოქსული სიტუაციები და ამრიგად დაიგეგმოს ქალაქში გზების მშენებლობა. წარმოდგენილ სტატი-აში აღწერილია საგზაო მოძრაობის მათემატიკური მოდელი და მისი გამოყენების საჭიროება ინჟინერ-ასა და ქალაქგეგმარებაში.

ყოველი საავტომობილო გზის თითოეულ მონაკვეთს აქვს თავისი **გამტარუნარიანობა** – საათში ავტომანქანების მაქსიმალური რაოდენობა, რომელმაც შეიძლება გაიაროს ეს მონაკვეთი ისე, რომ სიჩქარის შენელება არ მოუწიოს.

გასაგებია, რომ თუ ავტომანქანები ცოტაა, ისინი ერთმანეთს არ აფერხებენ და მაქსიმალური სიჩქარით გადაადგილება შეუძლიათ. მაგრამ როცა მათი რაოდენობა მატულობს, მათ შორის მანძილიც მცირ-

დება, და დაჯახებას რომ თავი აარიდონ, მძღოლებს სიჩქარის შემცირება უწევთ.

უსაფრთხო მანძილი ეწოდება მანძილს, რომელსაც ავტომობილი გადის დამუხრუჭების მომენტიდან სრულ გაჩერებამდე. არსებობს ამ მანძილის გამოთვლის ფიზიკური ხერხები: თურმე ის პროპორციულია იმ სიჩქარის კვადრატისა, რომლითაც მანქანა დამუხრუჭების დაწყებისას მოძრაობდა. მაგალითად, მსუბუქი ავტომობილისათვის, რომელიც მშრალ გზატკეცილზე მოძრაობდა 60 კმ/სთ სიჩქარით ეს მანძილი დაახლოებით 20 მეტრია. თუ დამუხრუჭებამდე სიჩქარე მეტია, ეს მანძილი მკვეთრად იზრდება: თუ ეს სიჩქარე იყო 80 კმ/სთ, დამუხრუჭების მანძილი გახდებოდა 36 მ, ხოლო თუ 120 კმ/სთ, მაშინ 80 მეტრს გაივლიდა დამუხრუჭების დაწყების წერტილიდან გაჩერებამდე.

საავტომობილო გზის გამტარუნარიანობა შეგვიძლია მიახლოებით შევაფასოთ სამოძრაო ზოლების რაოდენობისა და ამა თუ იმ ამინდში მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარის გამოყენებით. მაგალითად, თუ გზაზე მხოლოდ ერთი ზოლია, ხოლო დასაშვები სიჩქარე 80 კმ/სთ, მაშინ ერთ საათში ამ გზას გაივლის „საავტომობილო ნაკადის“ 80 000 მ. ასეთი სიჩქარისას

მანქანებს შორის შუალედები, ერთი მანქანის სიგრძის ჩათვლით, შეიძლება შევადგასოთ დაახლოებით 32 მეტრით, რაც მოგვცემს გამტარუნარიანობას $80000/32 = 2500$ ავტომობილი საათში.

ახლა ვთქვათ, რომ გზის ამ მონაკვეთზე გასავლელად საათში 10000 მანქანა გროვდება – გამტარუნარიანობაზე 4-ჯერ მეტი. რა მოხდება ამ შემთხვევაში? თურმე მძღოლებს სიჩქარის 4-ჯერ შემცირება მოუწევთ. მაშინ მანძილი მანქანებს შორის 16-ჯერ შემცირდება და საათში ამ მონაკვეთს 4-ჯერ ნაკლები სიგრძის „სავტომობილო ნაკადი“ გაივლის, თან ეს ნაკადი 16-ჯერ უფრო „მჭიდრო“ იქნება – ანუ ის სწორედ 4-ჯერ მეტ ავტომობილს დაიტევს. რეალურად, ეს ამ მონაკვეთის გავლას შეუძლებელს გახდის: გზის ყოველ 2 მეტრზე თითო მანქანა უნდა მოდიოდეს, ასეთი მოკლე მანქანები ბუნებაში არ მოიპოვება. მაგრამ ჩვენს გამართივებულ მოდელში შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ მძღოლები ამ მონაკვეთის გავლას 4-ჯერ მეტ დროს მოანდომებენ იმასთან შედარებით, შეუფერხებლად რომ ემოძრავან.

ჩავთვალოთ, რომ გამგზავრების წინ თითოეულ მძღოლს ინტერნეტით ნაპოვნი აქვს მარშრუტი, რომელიც მას ყველაზე ნაკლებ დროს წაართმევს მოცემული მომენტისათვის არსებული საცობების გათვალისწინებით, და სწორედ ამ არჩეული მარშრუტით მოძრაობს.

სინამდვილეში ყოველ მძღოლს თავისი დანიშნულების პუნქტი აქვს, მაგრამ ძირითადი იდეის გადმოსაცემად საკმარისია ვიგულისხმოთ, რომ ყველა მათგანს სურს A წერტილიდან B წერტილში მოხვედრა.

ამოცანის დასაბ

მოიგონეთ ისეთი საგზაო ქსელი A და B პუნქტებს შორის, რომ ახალი გზის დამატების შედეგად, მოძრაობის რომელიღაც ინტენსივობისთვის საგზაო მოძრაობის უკლებლივ ყველა წევრის გადაადგილების დრო უარესდებოდეს.

მიუთითეთ გზების სიგრძე, მათი გამტარუნარიანობა, თითოეულ მათგანზე მაქსიმალური სიჩქარე, ზოლების რაოდენობა და A პუნქტიდან B პუნქტისკენ მოძრავ მძღოლთა რაოდენობა.

მინიშნება 1 (როგორ ავაწყოთ საგზაო ქსელი).

თუ ქსელში არის თუნდაც ორი ადგილი, სადაც ყოველთვის საცობია, მაშინ ახალი გზის დამატებამ შეიძლება ბევრი მძღოლი „აიძულოს“, რომ ორივე საცობში გაიარონ.

მინიშნება 2 (როგორ გამოვთვალოთ დრო).

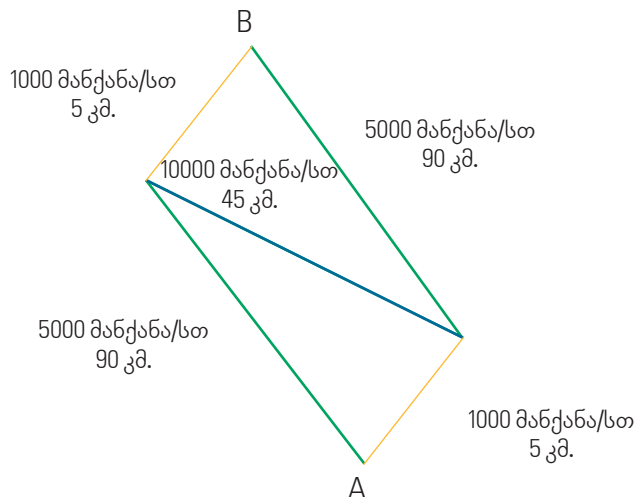
ნებისმიერ ისეთ საგზაო ქსელში, რომელშიც ყველა მონაწილე A პუნქტიდან B პუნქტისაკენ გადაადგილდება, რომელიღაც მომენტიდან დაწყებული, ყველა გამოყენებული სვლაგებით გადაადგილების დროები ერთმანეთს გაუტოლდება.

ამოხსნა

დასაწყისისთვის შევნიშნოთ, რომ ნებისმიერი ისეთი საგზაო ქსელისათვის, რომელშიც ყველა მონაწილე გადაადგილდება A პუნქტიდან B პუნქტისაკენ, ყველა გამოყენებული სვლაგებით გადაადგილების დრო ოდესმე შეცვლას შეწყვეტს და ერთმანეთს გაუტოლდება. მართლაც, თუ რომელიმე სვლაგეზი უფრო სწრაფი აღმოჩნდება, მძღოლები მის არჩევას დაიწყებენ მანამ, სანამ ნელსვლაგეზებს ან საერთოდ აღარავინ გამოიყენებს, ან დროები გათანაბრდება და აღარ შეიცვლება.

აქვე შევნიშნოთ, რომ ასეთ ვითარებას **ნების წონასწორობა** ეწოდება: სისტემა ისეთ მდგომარეობაში აღმოჩნდება, რომლის შეცვლაც არცერთ მონაწილეს არ აწყობს – ჩვენს შემთხვევაში ეს ნიშნავს, რომ მდგომარეობის ნებისმიერი ცვლილების პირობებში, მძღოლებს მეტი დროის დაკარგვა მოუწევთ.

მოდით განვიხილოთ შემდეგი ნახაზით მოცემული საგზაო სქემა.



ნახაზზე თითოეული გზისათვის მითითებულია მისი გამტარუნარიანობა და სიგრძე. ვთქვათ, ლურჯი გზითა და ორივე მწვანე გზით დასაშვებია 90 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობა, წითლებით – მხოლოდ 30 კმ/სთ, იმიტომ, რომ ძალიან ცუდი ხარისხის გზებია. წითელი მონაკვეთების სიგრძეები 5 კმ-ია, მწვანეებისა 90 კმ, ხოლო ლურჯად მონიშნულია ახალი ოთხზოლიანი გზა, რომლის სიგრძე 45 კმ-ია. დავუშვათ, რომ თითოეული საათის განმავლობაში A პუნქტიდან B პუნქტისკენ გადაადგილება 4000 ავტომანქანას სურს. მაშინ ისინი მარცხენა და მარჯვენა სვლაგეზით თანაბრად გადანაწილდებიან და მწვანე მონაკვეთის გავლაზე 60 წუთს დახარჯავენ ($2000 < 5000$) და წითლის გავლაზე 20 წუთს – მართლაც, ამ მონაკვეთის გავლის მსურველთა რაოდენობა გამტარუნარიანობას ორჯერ აღემატება, ამიტომ ამ მონაკვეთებზე სიჩქარე ორჯერ შემცირდება. ამრიგად, ჯამში, თითოეული მძღოლი მთელი გზის გავლას 80 წუთს მოანდომებს.

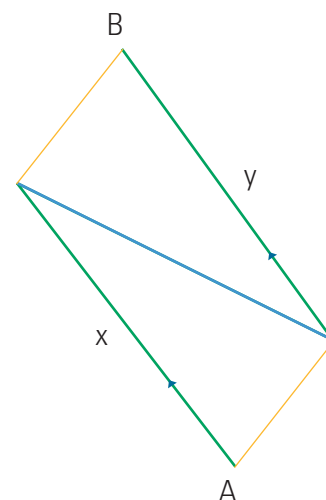
(სქემის ანიმირებული ვერსია იხილეთ ამ მისამართზე: <http://rmi.ge/~jib/sacobebe/>)

ვნახოთ, რა მოხდება ახალი (ლურჯი) გზის გახსნის შემდეგ. მძღოლები აღმოაჩენენ ახალ სვლაგეზს, რომლით გადაადგილებასაც ჭირდება $20 + 30 + 20 =$

70 წუთი. ეს სვლაგეზი უფრო სწრაფია, ვიდრე ძველი, რომელსაც 80 წუთი ჭირდებოდა, ამიტომ მრავალი მძღოლი მას ამჯობინებს. მაგრამ ყველას, ვინც ამ გზას აირჩევს, ორჯერ მოუწევს საცობში ლოდინი, რის გამოც სინამდვილეში ამ გზის გავლის დრო გაიზრდება. გამოდის, რომ „ძველი“ გზით მოძრაობის დრო უნდა გაიზარდოს! მაშასადამე, ახალ გზას კიდევ უფრო მეტი მძღოლი აირჩევს. ასე გაგრძელდება, სანამ ყველა გზის გავლის დრო ერთმანეთს არ გაუტოლდება. გამოვთვალოთ ეს დრო.

აღრე A პუნქტიდან მწვანე გზით მოძრაობას საათში 2000 მანქანა იწყებდა. დავუშვათ, რომ ლურჯი გზის მშენებლობის შემდეგ მწვანით A-დან იმოდრავებს საათში x ცალი ავტომანქანა. მაშინ წითლით საათში გაემგზავრება $4000 - x$ მანქანა. ვთქვათ, ლურჯი და მწვანე გზების გასაყარზე მწვანეს ირჩევს საათში y ცალი ავტომანქანა, ხოლო ლურჯით წავა დარჩენილი $4000 - x - y$. ვინაიდან ჩვენს მაგალითში x -იც და y -იც ნაკლებია 5000-ზე (მწვანე გზების გამტარუნარიანობაზე), გზის მწვანე მონაკვეთების გავლის დრო კვლავ 60 წუთის ტოლი დარჩება.

თუ $x > y$, მაშინ პირველი წითელი გზა მეორეზე მეტად იქნება დატვირთული: წითელ გზაზე მიმავალი ნაკადი ხომ შესაბამის მწვანეზე ნაკადისა და საერთო ლურჯზე ნაკადის ჯამია. ეს კი ნიშნავს, რომ პირველი გზით მოძრაობა უფრო ნელია. იგივე მსჯელობა სამართლიანია, თუ გვექნებოდა $x < y$, ამიტომ წონას-



წორულ მდგომარეობაში $x=y$. მიაქციეთ ყურადღება: საგზაო ქსელის სიმეტრიულობა იწვევს სიმეტრიულობას ნაკადების განაწილებაშიც!

ამრიგად, ლურჯი გზით მიდის $4000-2x$ მანქანა, რომლებსაც ორჯერ უწევთ საცობში დგომა წითელ მონაკვეთებზე. და მთელ გზაზე ისინი ხარჯავენ

$$30 + 2 \times \frac{5}{0.5} \times \frac{4000 - x}{1000} \quad \text{წუთს.}$$

ეს დროც ემთხვევა მოძრაობის დანარჩენ მონაწილეთა მთელ გზაზე დახარჯულ დროს, ამიტომ ვღებულობთ განტოლებას

$$60 + \frac{5}{0.5} \times \frac{4000 - x}{1000} = 30 + 2 \times \frac{5}{0.5} \times \frac{4000 - x}{1000}$$

ამ განტოლების ამოხსნით ვპოულობთ, რომ x ტოლია 1000 მანქანისა, ხოლო მოძრაობის დრო 90 წუთია. საოცარია, ახალი კარგი გზის დამატებამ ყველა მონაწილის მოძრაობის დროის 80 წუთიდან 90 წუთამდე გაზარდა გამოიწვია!

შეიძლება გაცილებით უფრო რთული მაგალითების მოფიქრებაც, მრავალი გზითა და დანიშნულების პუნქტით, მაგრამ პრობლემა ყოველთვის ერთი და იგივეა – „ბოთლის ყელები“ (ვიწრო ადგილები) საგზაო ქსელში. შემდეგჯერზე, საცობში დგომისას დაუკვირდით – იქნებ, სწორედ ახალმა გზამ მოგიყვანათ აქ?

გოლფისტა

ჩვენი მოდელი ძალზე გამარტივებული იყო საგზაო ქსელების დაგეგმვისას, მეცნიერთა და დამგეგმარებელთა მიერ გამოყენებულებთან შედარებით. რეალური გზის გამტარუნარიანობა მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული: ამინდზე (წვიმასა და თოვლში სიჩქარე ეცემა), სატვირთო მანქანების ნაკადზე, ორმოების რაოდენობაზე. უფრო მეტიც, რეალური გზის გამტარუნარიანობა ნაკადის გაზრდისას, გარკვეული მომენტიდან დაწყებული, შემცირებას იწყებს: უბრდელი მძღოლები ყოველთვის შეეცდებიან გზის განაპირა ზოლით გასწვრებას, ნებისმიერ ღრიტოში შეძრომას, ეს კი ქმნის მოძრაობის უწყსრიგობას, რაც სიჩქარეს ამცირებს. მაგ-

რამ ჩვენ მიერ განხილული მოდელიც კარგად ასახავს სატრანსპორტო ნაკადების განაწილების კანონზომიერებებს. ეს მოდელი გამოიყენა გერმანელმა მათემატიკოსმა დიტრიხ ბრესმა, ხოლო თავად იმ ვითარებას, როდესაც ახალი გზის მშენებლობა მდგომარეობას მხოლოდ აუარესებს, ბრესის პარადოქსი ეწოდება.

საინტერესოა, რომ ბრესის პარადოქსს რამდენიმეჯერ ჰქონდა ადგილი რეალურ ცხოვრებაში. მაგალითად, 1969 წელს შტუტგარტში საგზაო ქსელის გაზრდის შედეგად, საცობების მდგომარეობა გაუმჯობესდა მხოლოდ ზოგიერთი ახალი გზის გადაკეტვის შემდეგ.

მნიშვნელოვანი და ამავედროულად ძალიან დამაჯერებელი დაშვება, რომელიც ჩვენ თავიდანვე ვაკეთეთ, მდგომარეობდა იმაში, რომ მძღოლები, თავიანთი სვლაგების შერჩევისას, ხელმძღვანელობენ მხოლოდ პირადი მომგებიანობით, რათა მგზავრობაზე დახარჯული დრო რაც შეიძლება შეიმცირონ. სწორედ ეს იწვევს პრობლემებს. მათ რომ საშუალება ჰქონოდათ, მგზავრობის დაწყებამდე ერთმანეთს მოლაპარაკებოდნენ თუ როგორ უნდა იმგზავრონ, მაშინ ახალი გზით შეეძლოთ საერთოდ არ ესარგებლათ და მგზავრობის დრო კვლავ 80 წუთამდე შეუმცირებოდათ. მაგრამ ჩვენს მოდელში (ისევე, როგორც რეალურ ცხოვრებაში!) მძღოლები ეგოისტები არიან და, მიუხედავად იმისა, რომ ყოველი მათგანი ისწრაფვის თავისთვის უსწრაფესი სვლაგები შეარჩიოს და ამის მისაღწევად სრულიად ლოგიკურად მოქმედებს, შედეგი პარადოქსული დგება – ყოველი მათგანი წაგებული რჩება. ეს ყველას ესმის, მაგრამ რაიმეს შეცვლა არავის აწყობს – სისტემა ნებისმიერ შემთხვევაში იმყოფება.

შევნიშნოთ, რომ თუ შესაძლებელი იქნებოდა გზების არჩევისას მძღოლების უპირატესობებზე რამენაირად გავლენის მოხდენა, მაშინ ლურჯ გზას ჩვენ მიერ გარჩეული მაგალითიდან სავსებით შეეძლებოდა სარგებლობის მოტანა. მაგალითად, ეს გზა რომ ფასიანი გაგვეხადა, ბევრი უარს იტყოდა მის არჩევაზე. მგზავრობის ფასის ცვლით შეიძლება ვიმოქმედოთ ახალი გზის ამრჩევ მძღოლთა წილზე და მივაღწიოთ A პუნქტიდან B პუნქტამდე ჩასვლის საერთო დროის შემცირებას.



ნინო მარგალიშვილი

კომპიუტერული
ტექნოლოგიების (ისტ)
ექსპერტ-კონსულტანტი

ტექნოლოგიის როლი STEAM სწავლებისას დაწყებით საფეხურზე

ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ მნიშვნელოვნად შეცვალა ადამიანის ცხოვრების, საქმიანობის, კომუნიკაციის სტილი, რამაც, თავის მხრივ, სასწავლო გარემოს ტრანსფორმაციის აუცილებლობა მოითხოვა. ეს ცვლილებები სწავლების ახალი მიდგომების შემუშავებასა და დანერგვას მოითხოვს, რომლებიც მოსწავლეების 21-ე საუკუნის უნარებით აღჭურვაზე იქნება ორიენტირებული.

ციფრული ტექნოლოგიების საგანმანათლებლო პროცესთან შერწყმა ამდიდრებს საგანმანათლებლო გარემოს, ხელს უწყობს ინტერდისციპლინურ სწავლებას, შემოქმედებითობისა და ინოვაციური მიდგომების განვითარებას, ბრდის სწავლის მოტივაციას. ტექნოლოგიების გამოყენებით შესაძლებელია უფრო მდიდარი, მრავალფეროვანი და დინამიური გავხადოთ სასწავლო პროცესი, რაც აუმჯობესებს სწავლის ხარისხსა და შედეგებს.

სკოლებში STEAM მიმართულების სწავლების გაძლიერებისთვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი როლი სწორედ ციფრულ ტექნოლოგიებს ეკისრება. ტექნოლოგიამ ხელი უნდა შეუწყოს STEAM საქმიანობის მრავალფეროვნებას და მის განხორციელებას. STEAM-ში ტექნოლოგიების გამოყენების გაანალიზებისას, ჩნდება ორი მიდგომა:

პირველი ტექნოლოგიების პირდაპირი კავშირი და ინტეგრაციაა STEAM აქტივობებში. ამ დროს ტექნოლოგიები ჩართულია მეცნიერებაში, ინჟინერიაში და მათემატიკაში. ასეთი მიდგომით ტექნოლოგია არის არა დამხმარე, არამედ აუცილებელი საშუალება და გამოიყენება კონკრეტული STEAM პროდუქტის შესაქმნელად. მოსწავლეები იყენებენ ტექნოლოგიებს პრობლემის გადაჭრისთვის, შემოქმედებითი და ინოვაციური მიზნებისთვის; მაგალითად, კოდირება, მიკროკონტროლერის პროგრამირება და სხვა. STEAM ან პროექტზე დაფუძნებული სწავლებისას (PBL), პროგრამირება მნიშვნელოვანი საფუძველი და მისი შეუცვლელი კომპონენტია.

მეორე, ეს არის ტექნოლოგიების, როგორც დამხმარე ინსტრუმენტის გამოყენება STEAM და პროექტზე დაფუძნებული სწავლებისას; მაგალითად, მოსწავლეებს, სხვადასხვა ამოცანის შესასრულებლად, შეუძლიათ გამოიყენონ ელექტრონული ცხრილები, ტექსტური რედაქტორი, სიმულაციები, ერთობლივი მუშაობის ონლაინ ინსტრუმენტები – ბლოგი, ფორუმი ან სხვა ონლაინ აპლიკაციები (Office 365) და სხვა.

მნიშვნელოვანია STEAM განათლების დაწყება დაწყებითი საფეხურიდან, რათა მოსწავლეებს STEAM საგნებში ჰქონდეთ ძლიერი საფუძველი,

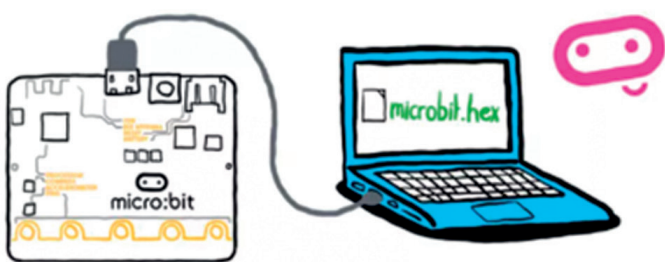
რომელიც წარმატებულს გახდის მათ საბაზო და საშუალო საფეხურებზე. დაწყებით საფეხურზე ის უკითარებს მოსწავლეებს ისეთ უნარებს, როგორიცაა: ცნობისმოყვარეობა, კრიტიკული აზროვნება, პრობლემის გადაჭრა, კომუნიკაცია და თანამშრომლობა.

საგანი – კომპიუტერული ტექნოლოგიები, ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით, სავალდებულო საგანია დაწყებით საფეხურზე.

საგნის მიმართულება – კომპიუტერული ტექნოლოგიები გვაძლევს საშუალებას, სასკოლო გარემოში განვახორციელოთ ზემოთ აღნიშნული ორივე მიდგომის შესაბამისი STEAM პროექტები. მაგალითად, ვიზუალური პროგრამირების საშუალებით, მოსწავლეებმა შექმნან ისეთი პროდუქტები, რომლებიც უზრუნველყოფს საგნის მისაღწევ შედეგებს, ეროვნული სასწავლო გეგმის შესაბამისად. (იხ. ახალი ეროვნული სასწავლო გეგმა. მიმართულება: კომპიუტერული ტექნოლოგიები).

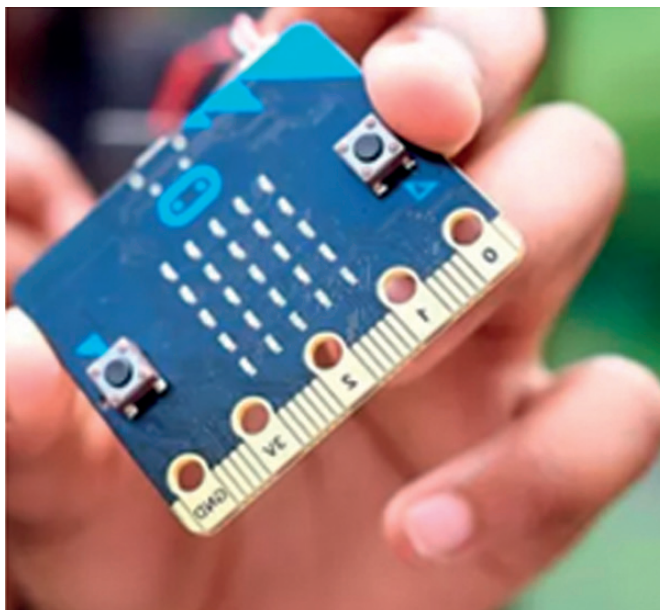
მიკროკონტროლერი – მიკრობიტი (MICRO-BIT)

ამსტატიში, სწორედ STEAM სწავლებაში ტექნოლოგიების გამოყენების ზემოთ აღნიშნულ პირველ მიდგომას მინდა შევეხო და შემოგთავაზოთ მიკროკონტროლერის – micro:bit-ის გამოყენება და მისი პროგრამირება დაწყებით საფეხურზე.



რა არის მიკრობიტი?

მიკრობიტი (micro:bit) ეს არის პატარა მიკროსქემის დაფა – მიკროკონტროლერი, რომლის პროგ-



რამირებაც შეუძლია ყველას. ის შექმნილია ორი კომპანიის – Microsoft და BBC-ის მიერ, დაწყებითი საფეხურის მოსწავლეებისთვის კომპიუტერულ განათლებაში გამოსაყენებლად, რათა ბავშვებმა ისწავლონ სახალისო, ინტერაქტიული და ინოვაციური გზით. გარდა კრიტიკული აზროვნებისა და პრობლემის გადაჭრის უნარებისა, ბავშვები ისწავლიან პროგრამირებას და ექნებათ შესაძლებლობა, შექმნან საინტერესო პროექტები.

micro:bit-ზე განთავსებულია პროცესორი, ოპერატიული მეხსიერება. მას აქვს LED განათების დისპლეი (25 შუქ-დიოდი), ორი პროგრამირებადი ლილაკი: ლილაკი A და ლილაკი B. ის შეგიძლიათ დააკავშიროთ კომპიუტერთან USB კაბელის საშუალებით ან დააკავშიროთ ბლუთუთით (Bluetooth). ასევე, შეგიძლიათ მას მიუერთოთ გარე ბატარეა კვების წყაროსთვის. მას აქვს, ასევე, დამატებითი პორტი სხვადასხვა მოწყობილობის მისაერთებლად.

მიკრობიტიში ჩაშენებულია სხვადასხვა სენსორი. ის შეიძლება გამოიყენოთ როგორც კომპასი, დედამიწის მაგნიტური ველის გასაზომად, მასში ჩაშენებული მაგნიტომეტრის საშუალებით; მოძრაობის აჩქარების ან შენელების გასაზომად, მასში ჩაშენებული აქსელერომეტრის საშუალებით. მიკრობიტით

შეგიძლიათ გაზომოთ ტემპერატურა, ტემპერატურის სენსორის გამოყენებით. მიკროკონტროლერი მიკრობიტის საშუალებით შეიძლება შექმნათ სხვადასხვა პროდუქტი: საათი, ელექტრონული თამაშები, მოწყობილობა – „ტკვიანი“ სახლის სამართავად და სხვ..

მიკრობიტის (MICRO:BIT) პროგრამირება

მიკრობიტი გამოიყენება სხვადასხვა პროდუქტის შესაქმნელად, პროგრამირების გზით. (იხილეთ საინტერესო 28 STEAM პროექტი – Top 28 Micro:Bit Projects You Must Try 2022! – Latest Open Tech From Seeed (seeedstudio.com)).

მიკრობიტის (micro:bit) პროგრამირება შესაძლებელია Microsoft MakeCode რედაქტორის საშუალებით – **Microsoft MakeCode for micro:bit (microbit.org)**. აქ, როგორც სხვა ვიზუალური პროგრამირების პლატფორმებზე, მოცემულია ვიზუალური პროგრამირების რედაქტორი – ფერადი ბლოკები, რომლის საშუალებითაც გწერთ პროგრამას. ამავე რედაქტორში შეგიძლიათ გამოიყენოთ მიკრობიტის დასაპროგრამებლად: JavaScript ან Python.

მიკრობიტის დაკავშირება, ასევე, შესაძლებელია Scratch – micro:bit (mit.edu)-თან და მისი პროგრამირება Scratch-ის გარემოდან, რაც სხვადასხვა მრავალფეროვანი პროექტის შექმნის საშუალებას იძლევა.

ამასთან ერთად, შესაძლებელია მიკრობიტის (micro:bit) პროგრამირება მობილური ტელეფონის ან პლანშეტის საშუალებით. არსებობს აპლიკაციები iOS და Android-ის ოპერაციული სისტემისთვის, რომლებიც საშუალებას გაძლევენ, დააპროგრამოთ თქვენი მიკრობიტი MakeCode-ის გამოყენებით. კოდის გადატანა მობილური მოწყობილობიდან მიკრობიტზე შესაძლებელია Bluetooth – რადიოკავშირის გამოყენებით.

ვირტუალური მიკრობიტი და მისი პროგრამირება

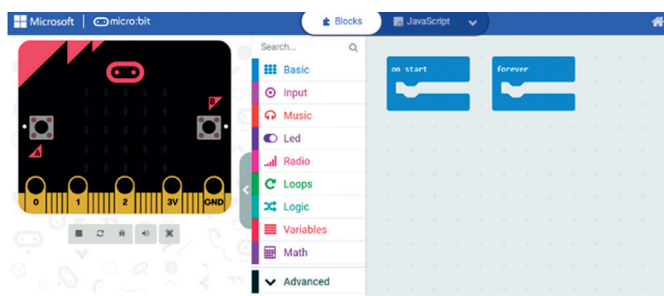
მიკრობიტის გამოყენება შეგიძლია ვირტუალურად ოფიციალური საიტიდან Microsoft MakeCode for micro:bit (microbit.org). აქ მოცემულია ვირტუალური მიკრობიტი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს, ვირტუალურად ვნახოთ როგორ სრულდება ჩვენ მიერ დაწერილი პროგრამა ისე, რომ არ გამოვიყენოთ ფიზიკური მიკრობიტი.

განვიხილოთ, როგორ ხდება პროექტის შექმნა Microsoft MakeCode for micro:bit (microbit.org)-ში. ამისათვის აირჩიეთ ლილაკი New Project. გამოსულ ფანჯარაში შეიტანეთ პროექტის სახელი და დააჭირეთ ლილაკს Create. გამოჩნდება გვერდი, სადაც მარცხნივ ჩანს ვირტუალური მიკრობიტი, რომელზეც არის 25 შუქ-დიოდი, რომელიც გვიჩვენებს ჩვენი სამუშაოს შედეგებს და ორი პროგრამირებადი ლილაკი – A და B.

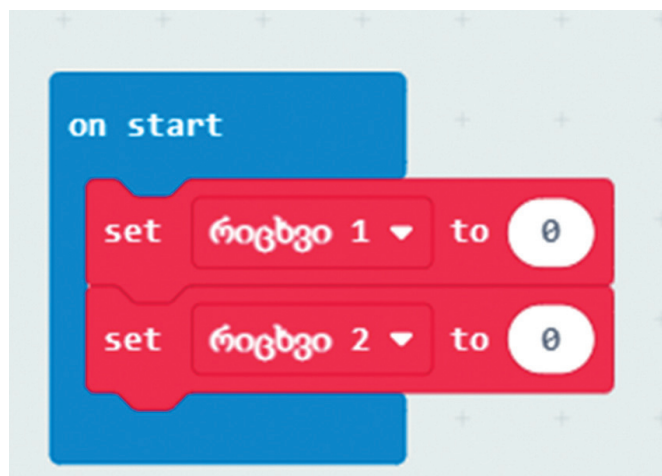
იქვე მოთავსებულია ფერადი ბლოკების მენიუ:

- **Basic** – ამ მენიუში მოცემული ბლოკები გამოიყენება რიცხვების, სიტყვების დემონსტრირებისათვის. ასევე, შუქ-დიოდებისგან მიღებული სიმბოლოების დემონსტრირებისათვის;
- **Input** – მენიუს ბლოკები გამოიყენება მონაცემების შესატანად, ინფორმაციის გადაცემისთვის მიკრობიტზე;
- **Music** – მენიუს ბლოკები გამოიყენება ხმოვანი მოქმედებების შესასრულებლად;
- **Led** – მენიუს ბლოკები მართავს შუქ-დიოდებს;
- **Radio** – მენიუს ბლოკებით ხდება რადიოგადაცემის დამყარება მიკრობიტის სხვადასხვა მოწყობილობას შორის;
- **Loops** – მენიუს ბლოკები გამოიყენება განმეორებადი დავალებების, ციკლების შესასრულებლად;
- **Logic** – მენიუს ბლოკები გამოიყენება პირობითი ან ლოგიკური მოქმედებების შესასრულებლად;
- **Variables** – მენიუს ბლოკები გამოიყენება ცვლადების შესაქმნელად და გამოსაყენებლად;

- **Math** – მენიუს ბლოკები გამოიყენება მათემატიკური ოპერაციების შესასრულებლად.



მარჯვენა მხარეს არის სამუშაო გარემო, სადაც ხდება ბლოკების გადატანა და სასურველი პროგრამის შექმნა.

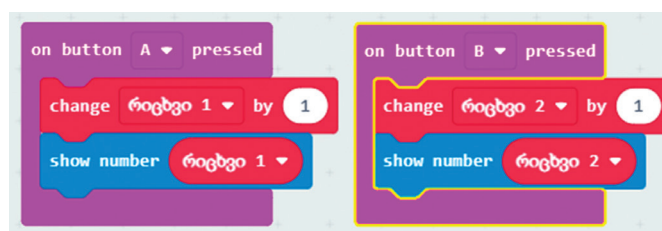


დაწერილი პროგრამის გადატანა კომპიუტერიდან ფიზიკურ მიკრობიტზე ხდება შემდეგნაირად:

1. დაწერილ პროგრამას ვინახავთ კომპიუტერში;
2. USB პორტით ვაკავშირებთ მიკრობიტს კომპიუტერთან;
3. კომპიუტერში გამოჩნდება მიკრობიტის დისკი, სადაც გადავითანთ შენახულ ფაილს.

განვიხილოთ ბლოკებით პროგრამირების კონკრეტული მაგალითები, რომელიც შეგიძლიათ გამოიყენოთ აღნიშნულ პლატფორმაზე საწყის ეტაპზე მუშაობისას, დაწყებითი საფეხურის მოსწავლეებთან.

2. დავწეროთ პროგრამა, რომელიც შეცვლის რიცხვი 1-ის და რიცხვი 2-ის მნიშვნელობას ერთით, მიკრობიტის A და B ღილაკებზე დაჭერით.



3. შევქმნათ ცვლადი „ჯამი“ და დავწეროთ პროგრამა ღილაკისთვის A+B, რომელიც ცვლად „ჯამს“ მიანიჭებს მნიშვნელობას: რიცხვი 1-ს დამატებული რიცხვი 2.

ვირტუალურ მიკრობიტზე გაჩნდება A+B ღილაკი, ხოლო ფიზიკურ მიკრობიტზე ეს ნიშნავს ერთდროულად დაჭერას A და B ღილაკებზე.



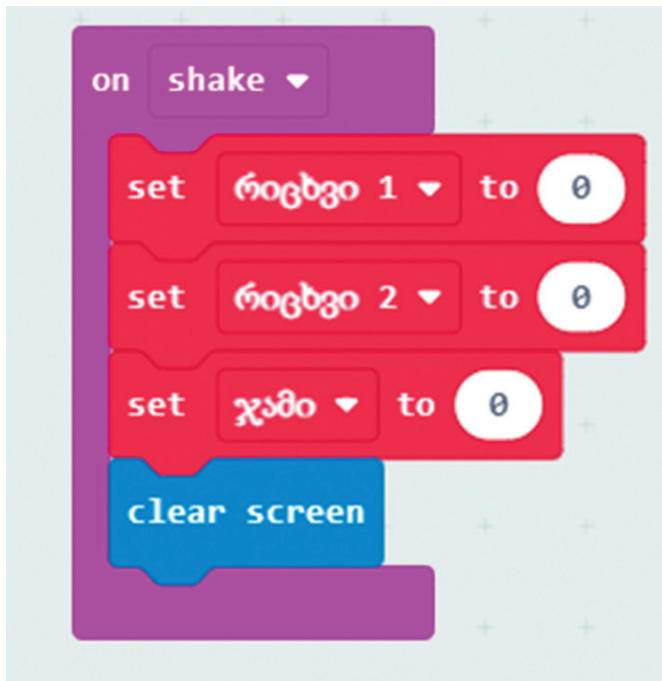
კალკულატორის უმჯობესი ვერსიის MICRO-BIT-ის გამოყენებით

განსახორციელებელი ნაბიჯები:

1. micro:bit-ს გამოყენებით კალკულატორის შესაქმნელად, შევქმნათ კალკულატორი, რომელიც დაითვლის ორი რიცხვის ჯამს. ამისთვის მენიუ Variables-დან შევქმნათ ორი ცვლადი – რიცხვი 1 და რიცხვი 2 და მივანიჭოთ მათ საწყისი მნიშვნელობა 0.

4. ბოლოს დავამატოთ ბრძანება, რომელიც გაასუფთავებს გამოტანილ ინფორმაციას და ყველა ცვლადს მიანიჭებს საწყის მნიშვნელობას – 0.

ამისთვის შეგვიძლია დავამატოთ ღილაკი SHAKE (რხევა).



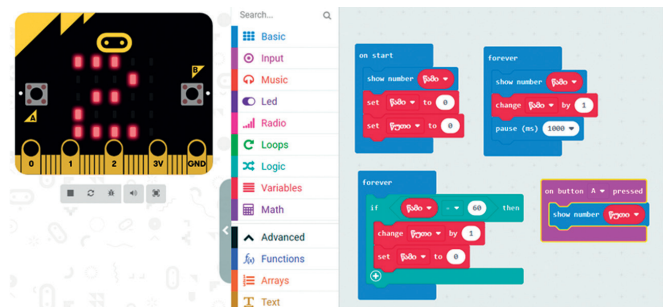
ეს მოქმედება შესრულდება ვირტუალურ მიკრო-ბიტზე – ღილაკზე SHAKE დაჭერით, ხოლო ფიზიკურ მიკრობიტზე – მისი შერხევით.

ჩვენ მიერ დაწერილი პროგრამა გამოითვლის ორი რიცხვის ჯამს. რიცხვების შეყვანა შესაძლებელია ღილაკზე A (მაგალითად, თუ გვინდა რიცხვი 11-ის შეტანა თერთმეტჯერ უნდა დავაჭიროთ ღილაკს A, პარალელურად, ეკრანზე ჩნდება ჩვენ მიერ შეტანილი რიცხვი) და ღილაკზე B დაჭერით. ანალოგიურად, მოსწავლეებს შეუძლიათ შექმნან კალკულატორი, რომელიც დაითვლის ნამრავლს, სხვაობას ან გაყოფას.

სრული პროგრამა გამოიყურება ასე:

ლიტერატურა:

1. Home|micro:bit (britishcouncil.org)
2. Introduction|micro:bit (microbit.org)
3. micro:bit developer community and technical resources (microbit.org)
4. Top 28 Micro:Bit Projects You Must Try 2021! – Latest Open Tech From Seeed (seeedstudio.com)
5. „ეროვნული სასწავლო გეგმის დამტკიცების შესახებ“ საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების მინისტრის 2016 წლის 18 მაისის №40/ნ ბრძანებაში ცვლილებების შეტანის თაობაზე | სსიპ „საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე“ (matsne.gov.ge)

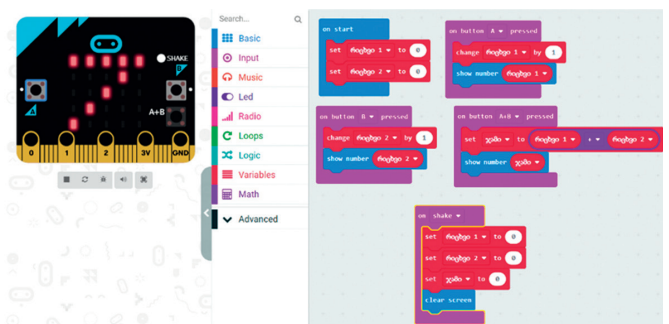


წამყვანი – დროის მოვლული

ქვემოთ მოცემულია წამმზომის კოდი ვიზუალური პროგრამირების გარემოში:

მიკრობიტით ითვლის წამებს, რომელსაც გვაჩვენებს ლედ დისპლეიზე, ხოლო A ღილაკზე დაჭერისას, გვაჩვენებს რამდენი წუთია გასული.

პროგრამაში გამოყენებულია ორი ცვლადი: წამი და წუთი, რომელთა საწყისი მნიშვნელობა არის 0. ცვლადი—წამი იცვლება ერთით ყოველი ერთი წამის მერე დროცა გაუტოლდება 60-ს, მაშინ წუთი იცვლება 1-ით, ხოლო წამმზომი თავიდან დაიწყებს ათვლას.



ბრიტანეთის საბჭოს მიერ შექმნილ საიტზე Home | micro:bit (britishcouncil.org) შეგიძლიათ ნახოთ სხვადასხვა პროექტი. აქ გაეცნობით უფასო ონლაინ კურსს: micro:bit საფუძვლები მასწავლებლებისთვის. საიტზე რეგისტრაციის შემდეგ, თქვენ შეგიძლიათ ნახოთ 12 სხვადასხვა პროექტი/სასწავლო მოდული, რომლებსაც შემდგომ წარმატებით გამოიყენებთ თქვენს მოსწავლეებთან.

