

STEAM

განათლება

გუნდობის გეგმავლობა • ტექნოლოგია • ინჟინერია • მათემატიკა + ხელოვნება

N2, 2022

STEAM

წარმოშობის ძალა!



საქართველოს
განათლებისა და
მეცნიერების
საინიციატივო



მასშტაბირება
კონსტრუქციული
განათლების
მეცნიერული
ცენტრი



საკონტაქტო პირები:

ნუგზარ მოსულიშვილი

ზურა ბერიძე

დავით სონღულაშვილი

მაია გიბიბაძე

ეკატერინე კორძაძე

ნინო მარლიშვილი

ილია მესტირიშვილი

გიორგი ლომიძე

ქეთი ცერცვაძე

რუსუდან თედორაძე

ნათია არაბული

მთავარი რედაქტორი

კახა ჟღერძი

კორექტორი

მაია წიკლაური

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, მსახიფთაო, არ ემთხვევა მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრისა და ჟურნალის რედაქციის შეხედულებებს. ცალკეულ სტატიებში დასახელებული ფაქტების უტყუარობაზე პასუხისმგებელია სტატიის ავტორი.

ISSN 2720-8591

WWW.TPDC.GE



რედაქტორის სპეციალიზაცია

STEAM – წარმოსახვის ძალა!

ჩვენი ჟურნალის პირველ ნომერში წამოვიწყეთ დისკუსია STEM სწავლების პრინციპებსა და მიდგომებზე. ახალ ნომერში გთავაზობთ საინტერესო STEM აქტივობებს, რომლებიც დაგვეხმარება ამ პრინციპების განხორციელებაში. შეუძლებელია დავინტერესოთ ბავშვები გაკვეთილზე თუ კლუბებში მათი განწყობისა და მოტივაციის გათვალისწინების გარეშე.

რა განასხვავებს STEM აქტივობას საბუნებისმეტყველო საგნების ტიპურ აქტივობებისგან?

ბუნებისმეტყველება გვეხმარება გავიზოროთ მოვლენები და კანონები, რომლებიც მოქმედებს სამყაროში სადაც ჩვენ ვცხოვრობთ, დავინახოთ პრობლემები, რომლის წინაშეც დგას სამყარო. STEM აზროვნება იწყება მაშინვე, როცა ამ პრობლემების გადაჭრის გზების ძიებას ვიწყებთ, ვეყრდნობით და ვიყენებთ ჩვენს ცოდნას ქიმიასა და ფიზიკაში, ბიოლოგიაში და ისტორიაში, ნებისმიერ საგანში რომელსაც ვსწავლობთ სკოლაში. STEM იწყება მაშინ, როცა ვიყენებთ ინჟინრებას და ვცემით მექანიზმებს, რომლებიც დაგვეხმარება ამ პრობლემების დაძლევაში. STEM იწყება მაშინ, როცა მათემატიკური ინსტრუმენტებით აღჭურვილები ვზომავთ, ვანგარიშობთ და ვეძებთ დამოკიდებულებებს, კვლევის პროცესში აღმოჩენილ მონაცემებს შორის. ჩვენი მოსწავლეების წარმოსახვა არ არის შეზღუდული პირობითობებით და ქმნის საოცარ გეგმებს, ვარაუდობს ახალ გზებს სამყაროს წინაშე მდგარი პრობლემების დასაძლევად.

მოსწავლეები ერთად მსჯელობენ და ფიქრობენ, უზიარებენ ერთმანეთს გამოცდილებას და საკუთარ ხედვას, ქმნიან და გამოცდიან, ეშლებათ და ეძებენ ახალ გადაწყვეტას – სწორედ ეს პროცესი არის STEM!

თქვენი ყურადღება მიიქცევთ ქალბატონ მაია გიბიბაძის წერილის მეორე ნაწილს, სადაც კვლევის შედეგებზე დაფუძნებით წარმოდგენილია STEM მასწავლებლის სამოქმედო ჩარჩო.

ჩვენი ვალდებულება არის, შევუქმნათ ასეთი სასწავლო და სამუშაო გარემო, დავეხმაროთ წარმოსახვისა და აზრის განვითარებაში, დავეხმაროთ თავისი ხელით შექმნან საკუთარი მომავალი. STEM აქტივობაზე მუშაობა უნდა ახალისებდეს მოსწავლეებს, პრობლემებს არასდროს აქვს გადაწყვეტის მხოლოდ ერთი გზა, იდეების შეჯიბრი ყოველთვის ზრდის ახალ-გაზრდების მოტივაციას. იმედი გვაქვს, რომ ჩვენი აქტივობები გაამდიდრებს და გაახალისებს თქვენს STEM სწავლების პროცესს. წარმატებები!

შინაარსი

კვლევები STEM განათლებაში

02 STEM – გუშინ, დღეს, ხვალ
ნაწილი 2
მაია გიბიბაძე

11 რა არის STEM განათლება
და რატომ არის ის
მნიშვნელოვანი
ბავშვებისთვის?
რუსუდან თედორაძე

STEM აქტივობის არსებითი განსაზღვრება

17 STEAM პროექტი – კლასში
მიმდინარის მოდელირება
გიორგი ლომიძე

26 რა გამოარჩევს
STEM აქტივობას?
კახა ჟღერძი

STEM აქტივობები

35 სმარტ სკინდომოდური
მარეხ მაზანაშვილი

42 საბათის დამზადება
პროგრამაში GEOGEBRA
როინ ნაკაიძე

47 როგორ გამოვიყენოთ
ქიმიის ვირტუალური
ლაბორატორია
საბაკვეთილო პროცესში?
ნათია არაბული

53 მიკროკონტროლერის
ARDUINO-ს პროგრამირება
ვიზუალური
პროგრამირების
გარემოდან
ნინო მარლიშვილი

59 მართივი რიცხვებისა
და ნაშთით გაყოფის
გამოყენება დაშიფრული
შემოცემების
გადაცემაში
ეკატერინე კორძაძე



მაია ზივჭივაძე

ბიოლოგიის დოქტორი,
ბიოლოგიის
ექსპერტ-კონსულტანტი,
მასწავლებელთა პროფესიული
განვითარების ეროვნული
ცენტრი

STEM – გუშინ, დღეს, ხვალ

ნაწილი 2

STEM და მოსწავლის უაღრესი

რამდენად ზრდის STEM განათლება მოსწავლის შედეგებს? – ეს ერთ-ერთი კითხვაა, რომელიც მუდმივად ისმება STEM-თან დაკავშირებით. კვლევები, რომლებიც მასზე პასუხს ეძებენ, უკიდურესად მცირე და არაზუსტია, განსაკუთრებით გრძელვადიანი შედეგების პერსპექტივის გათვალისწინებით. ძალიან ცოტაა მონაცემი, რომელიც ცალსახად მიუთითებს, თუ როგორ შეიცვალა STEM განათლების შედეგად მოსწავლეთა მოტივაცია, ჩართულობა, თვითშეფასება, სააზროვნო უნარები ან მათი მიღწევები STEM-ის ცალკეულ საგანში. ერთი მხრივ, ამ ტიპის კვლევები ცოტაა, მეორე მხრივ კი მათი შედეგები ერთმანეთისგან საკმაოდ განსხვავებულია. ზოგიერთი მათგანი მიუთითებს STEM საგნების ინტეგრირებულად სწავლების შედეგად მოსწავლეთა გაუმჯობესებულ შედეგებზე, ზოგიერთის მიხედვით კი გაუმჯობესება ყველა საგანში არ ვლინდება (8). ცხადია, მიღწეული შედეგები დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, სავალდებულო სასწავლო გეგმიდან დაწყებული –

კლასში განხორციელებული სასწავლო პროცესით დასრულებული. შესაბამისად, სასწავლო შედეგების მიღწევაზე საუბრისას გათვალისწინებული უნდა იყოს თითოეული ფაქტორი.

STEM-ის სასწავლო მიზნად კვლავ რჩება (8):

- STEM წიგნიერების ფორმირება;
- 21-ე საუკუნის უნარ-ჩვევების განვითარება;
- STEM პროფესიებისთვის მზადყოფნა;
- STEM დისციპლინებს შორის კავშირების დანახვა;
- მოტივაციის ზრდა და ჩართულობის უზრუნველყოფა.

ჩამონათვალში პირველ ადგილზე ახალი ცნება – STEM წიგნიერებაა, რაც მოიაზრებს: თანამედროვე საზოგადოებაში მეცნიერებების, ტექნოლოგიების, ინჟინერიისა და მათემატიკის როლის გაცნობიერებას; STEM-ის თითოეულ საგნობრივ სფეროში საბაზისო საკითხებისა და პრინციპების ცოდნას (ციტატა: „სულ მცირე, რამდენიმე ფუნდამენტური საკითხის ცოდნა შესაბამისი სფეროდან“) სამეცნიერო და ტექნიკური



შინაარსის ინფორმაციის აღქმა, გავრცელებული ტექნოლოგიების მოხმარება და მართვა, ყოველდღიურ ცხოვრებისათვის საჭირო მათემატიკური ოპერაციების შესრულება (16).

როგორც ვხედავთ ცალკეული STEM საგნის შინაარსის ზედმიწევნით დაუფლება არ წარმოადგენს არც წამყვან სასწავლო მიზანს, არც STEM წიგნიერების განმსაზღვრელ ფაქტორს. თუმცა მოიაზრება, რომ სტანდარტით განსაზღვრულ დონეზე საგნის შინაარსის ცოდნა აუცილებელია, თუნდაც ზემოთხსენებული კავშირების გამოკვეთის უზრუნველსაყოფად და მაღალი STEM წიგნიერების მისაღწევად.

ცხადია, რომ, კვლევების გაგრძელება ამ მიმართულებით უმნიშვნელოვანესია. ერთი მხრივ, აუცილებელია ვიცოდეთ, როგორ აისახება STEM განათლება მოსწავლის შედეგებზე, მეორე მხრივ, მნიშვნელოვანია იმის ცოდნაც, თუ რა ფორმით სჯობს STEM-ის ჩართვა კურიკულუმში, რათა მან მაქსიმალური სარგებელი მოუტანოს მოსწავლეს; როგორ უნდა დაბალანსდეს სასწავლო პროგრამა ისე, რომ თანაბრად უზრუნველყოს როგორც STEM სასწავლო მიზნების

მიღწევა, ისე ცალკეული STEM საგნის ფუნდამენტური შინაარსის ათვისებაც.

გასწავლებლები და STEM

ხარისხიანი STEM განათლების დანერგვის წამყვანი ძალა მასწავლებელია. როგორიც არ უნდა იყოს სტანდარტი, რესურსები, ინფრასტრუქტურა და სხვა მხარდაჭერი ფაქტორები, უდაოა, რომ მთავარი ინსტრუმენტი STEM-ის დანერგვაში მასწავლებლებია. მათი კომპეტენცია, ხედვები და დამოკიდებულებები, ასევე ბარიერები, რომლებსაც ისინი ხედავნიან ყოველდღიურ პრაქტიკაში, მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს STEM-ის დანერგვის წარმატებულებას საგანმანათლებლო სისტემაში.

STEM კომპეტენციები მოსწავლეებში განსხვავებულად ვლინდება. ნიჭი, მათ შორის ნიჭი STEM საგნებში, ისევე როგორც მოტივაცია, ყოველთვის არ წარმოადგენს თავდაპირველ მოცემულობას. მასწავლებელია ის ერთ-ერთი მთავარი კატალიზატორი, რომელიც უბიძგებს მოსწავლის უნარებსა და შესაძლებლობებს განვითარებისკენ (15).

სარიისიანი STEM განათლების დანერგვის წამყვანი კალა მასწავლებელია. როგორც არ უნდა იყო სტანდარტი, რესურსები, ინფრასტრუქტურა და სხვა მხარდაჭერი ფაქტორები, უდაოა, რომ მთავარი ინსტრუმენტი STEM-ის დანერგვაში

დღეს არსებობს STEM მასწავლებლის ცნება, რომელიც იცემა მრავალსახოვანია, როგორც თავად STEM-ის კონცეფცია. უფრო ხშირად, STEM მასწავლებელი ერთი-ერთი STEM საგნის მასწავლებელია. მიუხედავად ამისა, ის განსხვავდება არა თუ მათემატიკის ან ცალკეული საბუნებისმეტყველო საგნის მასწავლებლებისგან, არამედ საბუნებისმეტყველო დისციპლინების გაერთიანებული კურსის (Science) მასწავლებლისგანაც, რაც დამკვიდრებული კვალიფიკაციაა ბევრ ქვეყანაში.

STEM მასწავლებელმა უნდა უზრუნველყოს:

- საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების ან/და მათემატიკის შინაარსის ინტეგრირება სასწავლო პროცესში;
- ინჟინრული იდეების განხორციელება და ტექნოლოგიების გამოყენება აქტივობებში/პროექტებში;
- აუთენტური სიტუაციების, რეალურ გარემოსთან დაკავშირებული გამოწვევების შეთავაზება მოსწავლეთათვის და საგანთორისი კავშირების გამოყენებით მათ გადაჭრაში მხარდაჭერა;
- ექსპერიმენტირებაზე და კვლევაზე ორიენტირებული აქტივობების ჩატარება;
- მოსწავლეზე ორიენტირებული მიდგომების გამოყენება და მამოტივირებელი სასწავლო გარემოს შექმნა, სადაც მოსწავლე აქტიური შემსწავლელია;
- გუნდური მუშაობა;
- ციკლური სასწავლო პროცესის განხორციელება, რომლის განმავლობაშიც მუდმივად ხდება გადაწყვეტილებების შეფასება, დაშვებულ შეცდომებზე სწავლა და შედეგების დახვეწა.

ამგვარად, STEM მასწავლებლებმა უნდა იცოდნენ არა მხოლოდ მათი (ერთი) საგანი, არამედ სხვა დისციპლინების შინაარსიც. მათ უნდა შექმნან შემოქმედებითი გარემო, რომელიც საშუალებას მისცემს მოსწავლეებს, იაზროვნონ, მიიღონ გადაწყვეტილებები (მათ შორის, არასწორიც), გაუმკლავდნენ შეთავაზებულ გამოწვევებს და ამავდროულად, გაიღრმავონ საგნობრივი შინაარსის ცოდნაც.

ქვემოთ მოცემულია სამაგიდო კვლევის შედეგები, რომელმაც შეარჩია და შეისწავლა 2000-2017 წლებში დიდ ბრიტანეთში გამოქვეყნებული 29 სანდო კვლევა STEM გამოცდილების შესახებ. წყაროს მიხედვით, გამოკითხული მასწავლებლები ასწავლიან STEM საგნებს როგორც დაწყებით, ასევე საბაზო და უფრო მაღალ საფეხურებზე. კვლევაში გამოიკვეთა STEM-ის საგნების მასწავლებლებთან და მათ სასწავლო პრაქტიკასთან დაკავშირებული რიგი მიგნებები, რომელთა დიდი ნაწილის განზოგადება, ვფიქრობთ, შესაძლებელია:

1. მასწავლებელთა სამუშაო გამოცდილება (მუშაობის ხანგრძლივობა სკოლაში) ნაკლებად, ან საერთოდ არ უკავშირდება მათ მიერ STEM კონცეფციის გაზიარებას ან STEM განათლების მიმღებლობას. ამ მხრივ, სხვადასხვა კვლევაში მიპოვებული მონაცემები წინააღმდეგობრივი და რთულად ინტერპრეტირებადია.
2. მასწავლებლის ასაკი, სქესი, არსებული STEM გამოცდილება შესაძლოა ახდენდეს გარკვეულ გავლენას STEM-ის მიმღებლობაზე. განსაკუთრებით თვალსაჩინოა სქესის ფაქტორი. ქალი მასწავლებლები ჩვეულებრივ ნაკლებ როლს ანიჭებენ ტექნოლოგიებისა და ინჟინერიის გამოყენებას STEM საგნების სწავლებაში, ასევე გამოირჩევიან უარყოფითი შეხედულებებით STEM-ზე, მამაკაც მასწავლებლებთან შედარებით.
3. მასწავლებელთა კომპეტენციები, აგრეთვე მათ მიერ STEM კონცეფციის მიმღებლობა მნიშვნე-

ლოვან გავლენას ახდენს STEM -ის დანერგვის ხარისხზე.

4. STEM-ის სწავლებისას მოსწავლეთა სააზროვნო უნარების განვითარებაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს პრაქტიკული, „ხელით საკეთებელი“ აქტივობები, რომლებიც მოითხოვენ კომპლექსური პრობლემების გადაწყვეტას და არაერთგვაროვანი, სხვადასხვა, შესაძლო გადაწყვეტის მქონე საინჟინრო და ტექნოლოგიური იდეების განხორციელებას. ეს განსაკუთრებით თვალსაჩინოა სოფლის პირობებში, სადაც მოსწავლეები STEM სწავლებას უკავშირებენ თავიანთ ცხოვრებასა და საქმიანობას თემში.

პროგრამამთლიანად აქცენტირებულია STEM-ის ინტეგრირებულ სწავლებაზე. მასწავლებლები აღნიშნავენ, რომ ინტეგრაცია ორ საგანს შორის ბუნებრივი და ეფექტიანია, მაშინ, როცა სამდა მეტი საგნის შემთხვევაში ინტეგრაცია პრობლემატური ხდება, როგორც საგნებს შორის კავშირების პოვნის, ასევე სასწავლო პროცესის დაგეგმვის კუთხით. მასწავლებლები აწყდებიან პრობლემებს მეთოდოლოგიური კუთხითაც, როდესაც ცდილობენ სხვადასხვა შინაარსობრივი სფეროს გაერთიანებას.

6. STEM უდაოდ იწვევს მოტივაციას და ზრდის მოსწავლეთა ჩართულობას პროცესში, განაპირობებს



5. ზოგადად, მასწავლებლები აღიარებენ STEM-ის ინტეგრირებულად სწავლების მნიშვნელობას, მაგრამ სწავლების საბაზო და ზედა საფეხურებზე ისინი მიუთითებენ ხელის შეშლელ ფაქტორებზე STEM-ის დანერგვაში. ესენია: მუდმივი კომუნიკაციის საჭიროება სხვადასხვა საგნის მასწავლებლებს შორის და ხელის შეშლა STEM-ის ცალკეული საგნის სტანდარტის მიღწევაში, თუ

მათ პოზიტიურ დამოკიდებულებას ზოგადად, სასწავლო პროცესის მიმართ. მასწავლებლები აღიარებენ, რომ ეს არის მთავარი ფაქტორი, რის გამოც ისინი მზად არიან გამოიყენონ STEM სწავლება თავიანთ პრაქტიკაში. ისინი აღნიშნავენ, რომ არაწარჩინებული მოსწავლეებიც კი, რომელთაც ჩვეულებრივ, პრობლემები აქვთ აკადემიური შედეგების მიღწევაში, უმკლავდებიან

STEM დავალებებს და ეს ხდება ათვლის წერტილი მათი პროგრესისათვის.

7. მარცხი და შეცდომები STEM მიდგომის განუყოფელი, მაგრამ მნიშვნელოვანი ნაწილია. იგულისხმება, რომ მოსწავლეთა მიერ საინჟინრო იდეების განხორციელება ყოველთვის არ მთავრდება წარმატებით. აქ მარცხი მისაღებია, მთავარია შეცდომების პოვნა და მათი სამომავლოდ გათვალისწინება.
8. მასწავლებლებს, რომელთაც გავლილი აქვთ მათემატიკისა და/და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სრული კურსი (Science) საუნივერსიტეტო ან ნებისმიერი სხვა მასწავლებლის მომზადების პროგრამებზე სწავლისას, აქვთ მეტი მიმღებლობა და მზაობა STEM-ის მიმართ.
9. STEM-ის მნიშვნელობასთან დაკავშირებით, მოსწავლის აკადემიურ შედეგებში მისი წვლილის მიმართ უფრო პესიმისტურად არიან განწყობილები საბაზო და ზედა საფეხურების მასწავლებლები,

განხვავებით დაწყებითისგან. ყველა გამოკითხული მასწავლებელი აღიარებს STEM სწავლებაში საგნობრივი ცოდნის ინტეგრირების მნიშვნელობას.

STEM კლასოპიკა

როგორ ხედავენ STEM-ის სწავლებას მასწავლებლები და როგორ გამოიყურება STEM საკლასო ოთახში? მიჩიგანის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტის STEM დეპარტამენტის მიერ ჩატარებულმა კვლევამ გამოავლინა ერთმანეთისგან განსხვავებული მოდელები, რომლებსაც იყენებენ მასწავლებლები (17).

კვლევის ფარგლებში მასწავლებლებს, რომლებიც გადიოდნენ სამ კვირიან პროფესიული გადამზადების პროგრამას STEM-ის მიმართულებით, კვირაში ერთხელ ისინი სთხოვდნენ, დაეხატათ, როგორ ასწავლიდნენ ისინი STEM-ს თავიანთ საკლასო ოთახებში. საინტერესო იყო სხვაობა STEM-ის სწავ-



ლების მოდელს შორის და აგრეთვე ის, რომ მესამე კვირის ბოლოს ნახატები ასახავდნენ გაცილებით უფრო კომპლექსურ, ინტეგრირებულ მოდელებს, რაც ხაზს უსვამს პროფესიული გადამზადების საჭიროებას ამ მიმართულებით.

პროგრამის დასაწყისიდან დასასრულამდე შექმნილი ნამუშევრების კლასიფიცირების შედეგად გამოიკვეთა STEM-ის სწავლების შემდეგი მოდელები:

- STEM მხოლოდ აკრონიმია, წარმოადგენს ცალკეული საკითხების ჩამონათვალს;
- STEM-ის სწავლება ცალკეული საგნების მექანიკური ჯამია;
- STEM-ის სწავლებაში წამყვან კონტექსტს ქმნის ერთ-ერთი ან რამდენიმე საბუნებისმეტყველო მეცნიერება, სხვა სფეროებს შეაქვთ დამატებითი წვლილი;
- STEM-ის სწავლებაში წამყვან კონტექსტს ქმნის ინჟინერია, მთავარი მნიშვნელობა აქვს რაიმეს შექმნას, აშენებას, მოდელირებას, სხვა სფეროები ასრულებენ უმნიშვნელო როლს;
- STEM-ის სწავლებაში წამყვან კონტექსტს ქმნის ინჟინერია და საინჟინრო პროექტირება, რომელშიც ჩართულია სხვა სფეროებიც;
- წამყვანი ადგილი უჭირავს რეალური პრობლემების შესწავლასა და გადაჭრას, რაც ამზადებს მოსწავლეებს სამომავლო განათლებისთვის ან პროფესიისთვის;
- საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები და ინჟინერია თანაბრად მნიშვნელოვანია, ისინი ერთმანეთს ავსებენ კონკრეტული პრობლემის გადასაჭრელად;
- STEM-ის სწავლება წარმოადგენს ინტეგრირებულ პროცესს, როდესაც სხვადასხვა სფერო ერთმანეთს უკავშირდება მრავალფეროვანი, კომპლექსური კავშირებით, ეს ყველაზე უფრო დახვეწილი მოდელია.

კვლევამ დაადგინა, რომ მასწავლებლები ირჩევენ STEM-ის სწავლების მოდელს უფრო ინტუიტიურად, ვიდრე წინასწარ განსაზღვრული მიზნების შესაბამისად. ამავდროულად ისინი არ არიან შეზღუდულები, არამედ ცვლიან მოდელს საჭიროების მიხედვით, კონკრეტული სასწავლო პროცესისთვის.

STEM-ის დანერგვის მოდელები

მიუხედავად იმისა, რომ STEM-ის საკლასო ოთახში სხვადასხვაგვარად შეიძლება გამოიყურებოდეს, შექმნილია დარეკომენდებულია STEM განათლების დანერგვის სხვადასხვა ჩარჩო, რომელიც მიმართულია ადგილობრივი საგანმანათლებლო სტანდარტების დასაკმაყოფილებლად და STEM სპეციფიური სასწავლო მიზნების მისაღწევად. მიუხედავად მცირე განსხვავებებისა, მათ აერთიანებთ ძირითადი პრინციპები:

ორიენტირება 21-ე საუკუნის საბაზისო უნარ-ჩვევების განვითარებაზე, როგორიცაა კრიტიკული აზროვნება, პრობლემის გადაჭრა, შემოქმედებითობა, კომუნიკაცია და კოლაბორაცია, მონაცემთა ანალიზი და ციფრული წიგნიერება, ლიდერობა, ეთიკურობა, მონდომება, სოციალური და კულტურული ცნობიერება.

სასწავლო სტრატეგიების გამოყენება, როგორიცაა კვლევაზე, პრობლემაზე და პროექტზე დაფუძნებული სწავლება, მოდელირება, აუთენტური პრობლემების ანალიზი და გადაჭრა, STEM საგნების შინაარსის ინტეგრაცია სასწავლო პროცესში, ტექნოლოგიების ინტეგრაცია სასწავლო პროცესში, სკაფოლდინგი, განმავითარებელი შეფასება და დიფერენცირება.

იმპლემენტაცია, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება ადგილობრივი კონტექსტი, მასწავლებელთა კორპუსის პროფესიული გადამზადების სხვადასხვა აქტივობები, ხელმისაწვდომობა რესურსებისა და სპეციალისტთა კონსულტაციებისადმი, მტკიცებუ-

ლებები დანერგვის ეფექტიანობის შესაფასებლად, განხორციელებული ღონისძიებების მასშტაბურობა (18).

STEM-ის დანერგვის პროგნოზი

რაც არ უნდა მომხიბლავად ჟღერდეს STEM განათლების სამომავლო პერსპექტივები და როგორი მნიშვნელოვანიც არ უნდა იყოს ის დღევანდელ რეალობაში, STEM-ის დანერგვას თან ახლავს რიგი გამოწვევები. ისინი ზემოთ აღწერილ კვლევაშიც გამოიკვეთა, დაინტერესებული ქვეყნები ცდილობენ ამ გამოწვევებთან გამკლავებას და ეძებენ დანერგვის ეფექტიან გზებს თავიანთი საგანმანათლებლო სისტემების სპეციფიკის, სასწავლო პროგრამების, ადამიანური და ინფრასტრუქტურული რესურსების გათვალისწინებით. ყველაზე ცხადად ამ გამოწვევებს ხედავენ მასწავლებლები, რადგან STEM განათლება რეალიზდება საკლასო ოთახებში და არა სასწავლო გეგმების ფურცლებზე. ქვემოთ მოცემულია სხვა ქვეყნების მასწავლებელთა თვალთ დანახული ზოგიერთი იმ სირთულის ჩამონათვალი, რომელიც თან ახლავს STEM-ის დანერგვას (14):

STEM სწავლება შესაძლებელია მხოლოდ მოსწავლეზე ორიენტირებული მეთოდოლოგიის გამოყენების პირობებში, რასაც ახლავს რიგი სირთულეები. სასწავლო პროცესი, რომელშიც მოსწავლეები ცდიან ახალ მოდელებს, იკვლევენ მოვლენებს, თავის თავზე იღებენ რიგ გადაწყვეტილებებს, ხშირად არაპროგნოზირებადია. ეს პრობლემას ქმნის სწავლასწავლების დაგეგმვის კუთხით და ზოგჯერ მისაღწევი მიზნების მოდიფიცირებასაც საჭიროებს. ამ პირობებში მასწავლებლებისთვის განსაკუთრებით რთულია მოსწავლეთა ინდივიდუალური საჭიროებების გათვალისწინებაც, განსაკუთრებით, სპეციალური საჭიროებების მქონე მოსწავლეთა შემთხვევაში.

პრობლემა შესაძლოა შეიქმნას საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და STEM-ის „არასაგნობრივი“

შინაარსის კონკურენციის შედეგადაც. გამოკითხული მასწავლებლები მიუთითებენ, რომ STEM სწავლები-სასისინი ყურადღებას უთმობენ „ხელით საკეთებელ“ აქტივობებს, რეალურ კონტექსტში პრობლემების გადაჭრას, მაღალსააზროვნო უნარების განვითარებას, მაგრამ ნაკლები ყურადღება რჩებათ საბუნებისმეტყველო საგნების შინაარსის ათვისებაზე, რაც ხელს უშლის სტანდარტით განსაზღვრული შედეგების მიღწევას თითოეულ ამ საგანში.

მასწავლებლებისთვის STEM-ის ინტეგრირებული სწავლება საკმაოდ დიდი გამოწვევაა. ხშირად სასწავლო გეგმა არცთუ ისე მოქნილია, რათა მასში STEM კურიკულუმის ინტეგრირება მარტივად მოხერხდეს. საგანმანათლებლო სისტემები იყენებენ სხვადასხვა მოდელებს კურიკულუმში STEM-ის ეფექტიანი ინტეგრირებისათვის ცალკეული აქტივობებიდან სრულად ინტეგრირებული კურსის ჩათვლით. მასწავლებლები დარწმუნებულები არიან, რომ STEM სწავლება დეტალურად უნდა იყოს გაწერილი კურიკულუმში, ხოლო თავად კურიკულუმი იძლეოდეს STEM-ის ხარისხიანად განხორციელების საშუალებას. მასწავლებლები აღნიშნავენ მხარდაჭერის აუცილებლობას სკოლის ადმინისტრაციის და ზემდგომი ინსტიტუციების მხრიდან პროფესიული გადამზადების საჭიროების კუთხით, როგორც საგნობრივი ცოდნის, ასევე STEM მეთოდოლოგიის შესწავლის მიზნით – სწავლებაში ინტერდისციპლინური და ტრანსდისციპლინური მიდგომების გამო-საყენებლად.

რთულია STEM-ის ინტეგრირება ორგანიზაციული კუთხითაც. ტიპური სკოლა თავის მკაცრად გაწერილი გაკვეთილების ცხრილით ნაკლებად მოქნილია STEM-ის ინტეგრირებისათვის სასკოლო გეგმაში. ყველაზე მიღებული გზაა STEM გაკვეთილების ჩატარება სასწავლო ცხრილით გაწერილი მათემატიკის, საინფორმაციო ტექნოლოგიების, საბუნებისმეტყველო დისციპლინების – ქიმიის, ფიზიკის, ბიოლოგიის გაკვეთილებზე. თუმცა ზოგიერთ შემთხვევაში ხერხ-

დება დამოუკიდებელი საათობრივი დატვირთვის გამოყოფა სასწავლო გეგმაში.

ზოგიერთი მასწავლებელი მიიჩნევს, რომ მოსწავლეების დიდი ნაწილი მოკლებულია ცოდნასა და უნარებს STEM-ში წარმატების მისაღწევად. მოსწავლეებში, ვისაც არ ყოფნის საგნობრივი ცოდნა, ან არ შეუძლია მისი ტრანსფერული საჭიროებისამებრ, STEM სწავლებამ შესაძლოა დემოტივაცია გამოიწვიოს. მასწავლებლების აზრით, საჭიროა STEM კურიკულუმის მოდიფიცირება ასეთი მოსწავლეთა საჭიროებების გათვალისწინებით.

მასწავლებლები ითხოვენ განმავითარებელი შეფასების მზადყოფნას, რომლებსაც ისინი გამოიყენებენ STEM სწავლა-სწავლების შესაფასებლად. პრობლემურია ჯგუფის თითოეული წევრის განმსაზღვრელი (შემაჯამებელი) შეფასებაც სტანდარტთან მიმართებაში, იმის გათვალისწინებით, რომ STEM გუნდური სწავლა და მუშაობაა.

STEM სასწავლო პროცესის დაგეგმვა საჭიროებს მეტ დროს და ძალისხმევას, რადგან მასწავლებელი ეხება სხვადასხვა საგნობრივ სფეროს, კომუნიკაციაში შედის სხვა საგნის მასწავლებლებთან. ამავდროულად, გამოკითხული პედაგოგები აღიარებენ, რომ თანამშრომლობა აუცილებლად გაზრდის STEM სწავლების ხარისხს. უფრო მეტიც, მათი ანალიზით, STEM პროექტის წარმატება დამოკიდებულია მოსწავლეთა ჯგუფის შეთანხმებულ მუშაობაზე, STEM სასწავლო პროცესის დაგეგმვა და იმპლემენტაცია კი განისაზღვრება მონაწილე მასწავლებლების ეფექტიან კოლაბორაციაზე.

STEM პედაგოგიკის განვითარებაზე მუშაობა გრძელდება. საერთაშორისო STEM საზოგადოებისა და აღიარებული STEM ორგანიზაციების მიერ შეთავაზებულია და ღია წვდომაშია სწავლების სხვადასხვა მოდელთა ანალიზი, მეთოდები, რესურსები, სასწავლო გეგმები და გზამკვლევები. გამოწვევების ზემოთ მოცემული ჩამონათვალი ჩვენი ქვეყნისთვისაც აქტუალურია. ეს ის სირთულეებია, რომელთა გადა-

ლახვაც უნდა შევძლოთ სხვისი გამოცდილებისა და საკუთარი ძალების გათვალისწინებით.

იმედის მომცემია, რომ საქართველოში STEM განათლება აქტიურად იკრებს ძალებს. მის დანერგვაზე მუშაობენ რიგი სამთავრობო ინსტიტუციები, არასამთავრობო ორგანიზაციები და კერძო პირები. საერთო ძალისხმევა და დაინტერესება აუცილებლად გახდება ჩვენს სასკოლო (და არა მარტო) განათლებაში STEM-ის ეფექტური დანერგვის წინაპირობა.

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 Mathematics. 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

რა არის STEM განათლება და რატომ არის ის მნიშვნელოვანი გავლენისთვის?



რუსუდან თედორაძე

ბუნებისმეტყველების
ექსპერტ-კონსულტანტი,
სსიპ მასწავლებელთა
პროფესიული განვითარების
ეროვნული ცენტრი

ტექნოლოგიური რევოლუციის თანამედროვე ეტაპზე ინოვაციები გახდა ადამიანების ყოველდღიური ცხოვრების ნაწილი. ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ განაპირობა შესაბამისი ცვლილებები სწავლებაშიც; ყველაზე მნიშვნელოვანი კი ის არის, რომ ეს ცვლილებები შეიძლება განათლების დაბალ საფეხურზე დაიწყოს, რათა მოზარდებში სწორი აზროვნების ფორმირება მოხდეს. განათლების მკვლევრები სწორედ STEM განათლებას მიიჩნევენ ცვლილებების საფუძვლად, რადგან STEM-ს მოაქვს ადრეულ ასაკში სწავლების პარადიგმის ცვლილება და მიზნად ისახავს ბავშვების ცნობისმოყვარეობისა და უნიკალურობის შენარჩუნებას მათი ზრდის პარალელურად.

როგორც ცნობილია, STEM არ არის მხოლოდ მეცნიერების, ტექნოლოგიების, ინჟინერიისა და მათემატიკის აბრევიატურა, ეს არის სწავლების მეთოდი, რომელიც აერთიანებს ყველა ამ საგანს. მკვლევრები გამოთქვამენ შეშფოთებას, რომ STEM დისციპლინები ხშირად იზოლირებულად ისწავლება, მაგრამ ფაქტია, რომ ყველა ეს საგანი ერთმანეთზე გადაჯაჭვული და წარმოადგენს შეკრულ ინტერდისციპლინურ მიდგომას, რომელიც დაფუძნებულია პრაქტიკულ სწავლაზე.

**პრობლემის გადაჭრა არის ძირითადი
სასიზოცხოლო უნარების კრებითი შედეგი და თუ
ეს უნარები მოსწავლეს აღრეულ ასაკში
არ განუვითარდა, შედეგოვნად,
როდესაც საგნების სირთულის დონე გაიზარდება,
ბევრ სირთულეს გამოიწვევს.**

დღევანდელ სამყაროში შეუძლებელია ამ ძირეული დისციპლინების განცალკევება. მაგალითად, შეარჩიეთნებისმიერი საყოფაცხოვრებო ან საოფისე ნივთი და შეეცადეთ გააკეთოთ მისი იდენტიფიცირება STEM-ის რომელიმე საგანში; ამის გაკეთება შეუძლებელი იქნება, რადგან ყველაფერი ერთმანეთთან არის კავშირში. მეცნიერება და მათემატიკა იწვევს ტექნოლოგიების განვითარებას, რომელიც შემდეგ აისახება ინჟინერიაში; მთელი ეს ჯაჭვი კი მიმართულია ადამიანის კეთილდღეობისაკენ.

STEM ბავშვებს „უბიძგებს“ ექსპერიმენტებისკენ – არ შეშინდნენ, დაუშვან შეცდომები და ისწავლონ საკუთარი გამოცდილებით, რათა მიაღწიონ სწორ შედეგებს და არ დაეყრდნონ მხოლოდ მზა პასუხებს, მაგალითად, სახელმძღვანელოში მოცემულ მასალას.

კრიტიკული აზროვნება, ლოგიკური მსჯელობა/ ანალიზი, კვლევა და პროექტზე დაფუძნებული სწავლა არის STEM განათლების ძირითადი საფუძველი. ეს აძლიერებს ბავშვებში ცნობისმოყვარეობას, ხდის სასწავლო პროცესს სახალისოს, აქტუალურს და უწყვეტს. ეს არის პარადიგმის ცვლა ტრადიციული განათლებიდან, რომელსაც სასიცოცხლოდ აკლია პრაქტიკული სწავლება, უფრო აქტიური და ღრმა სწავლებისკენ. საგნის იზოლირებულად სწავლის მთავარი ნაკლი ის არის, რომ ხშირად მოსწავლეები ვერ ახერხებენ ნასწავლი ცნებების გამოყენებას/გადატანას რეალურ ცხოვრებაში, რაც ამცირებს მათ პროდუქტიულობას, ხელს უშლის საკითხის გაგებას და, შესაბამისად, იდეის განხორციელებას.

პრობლემის გადაჭრა არის ძირითადი სასიცოცხლო უნარების კრებითი შედეგი და თუ ეს უნარები მოსწავლეს ადრეულ ასაკში არ განუვითარდა, შემდ-

გომში, როდესაც საგნების სირთულის დონე გაიზრდება, ბევრ სირთულეს გამოიწვევს.

დაწყებითი განათლების საფეხურზე წარმოქმნილი პრობლემა შემდგომ, უკვე საბაზო საფეხურზე იჩენს თავს—მოსწავლეს უჩნდება შიში საგნის მიმართ და ფერხდება მისი წინსვლა ამ კონკრეტულ საგანში.

როდის უნდა დაიწყოს ბავშვებისთვის STEM სწავლება?

განათლების მკვლევრების აზრით, STEM-ზე დაფუძნებული სწავლა ბავშვებისთვის შეიძლება დაუნდა დაიწყოს უკვე ორი წლის ასაკიდან. ადრეულ წლებში, ბავშვის ტვინი ღრუბელივით ისრუტავს ცოდნას და ცხოვრების პირველ წელიწადში მისი სწავლის ტემპი უპრეცედენტოა.

ამ პერიოდში საგნების სათანადოდ გაცნობა ხელს უწყობს ბავშვების პოზიტიური დამოკიდებულების ჩამოყალიბებას განათლების მიმართ.



**გაუწვევის 98% გენიოსად იხადება,
მოზრდილებში კი ეს პროცენტია 2%-მდე უნდა.
ეს ფაქტი იმაზე მიუთითებს, რომ დღევანდელი
მსოფლიოს ინოვაციური განვითარება სწორედ
ამ 2% ზრდასრული გენიოსის დამსახურებაა.**

კვლევებმა აჩვენა, რომ მცირეწლოვან ბავშვებს, სკოლაში სწავლის დაწყებისას, უკვე აქვთ საკმარისი ცოდნა გარემომცველი სამყაროს შესახებ და შეუძლიათ განსხვავებულად ამოცნებება. ისინი ცნობისმოყვარე მოსწავლეები არიან და აქვთ გამომუშავებული მსჯელობის უნარი.

რვაწლისასაკმაგი ბავშვების უმრავლესობას უვითარდება ინტერესი ტექნოლოგიების მიმართ, მაგრამ მომხმარებლის ამოცნებებიდან ინოვაციურულ ამოცნებებზე გადასვლა იშვიათად ხდება. მკვლევრები ამის ძირითად მიზეზად ასახელებენ იმას, რომ განათლების სისტემა უფრო მეტ აქცენტს აკეთებს ზეპირად დასწავლასა და გამოცდებზე ქულების მინიჭებაზე, რაც მოსწავლეთა ყურადღებას მთლიანად აშორებს კრიტიკული ამოცნებებს და გამოცდილებით სწავლას.

NASA-მ, მკვლევრებთან თანამშრომლობით, შეიმუშავა მარტივი ტესტი ადამიანების გენიალურობის დონის გასაზომად (იხ. ლიტ. [1][2]). ტესტი იმდენად მარტივი იყო, რომ მისი გამოყენება შეიძლებოდა ნებისმიერ ასაკობრივ ჯგუფში, დაწყებული 4-5 წლიდან. ექსპერიმენტში მონაწილეობდნენ ბავშვები (4-5, 10 და 15 წლის) და ზრდასრულები 31 წლის ზევით.

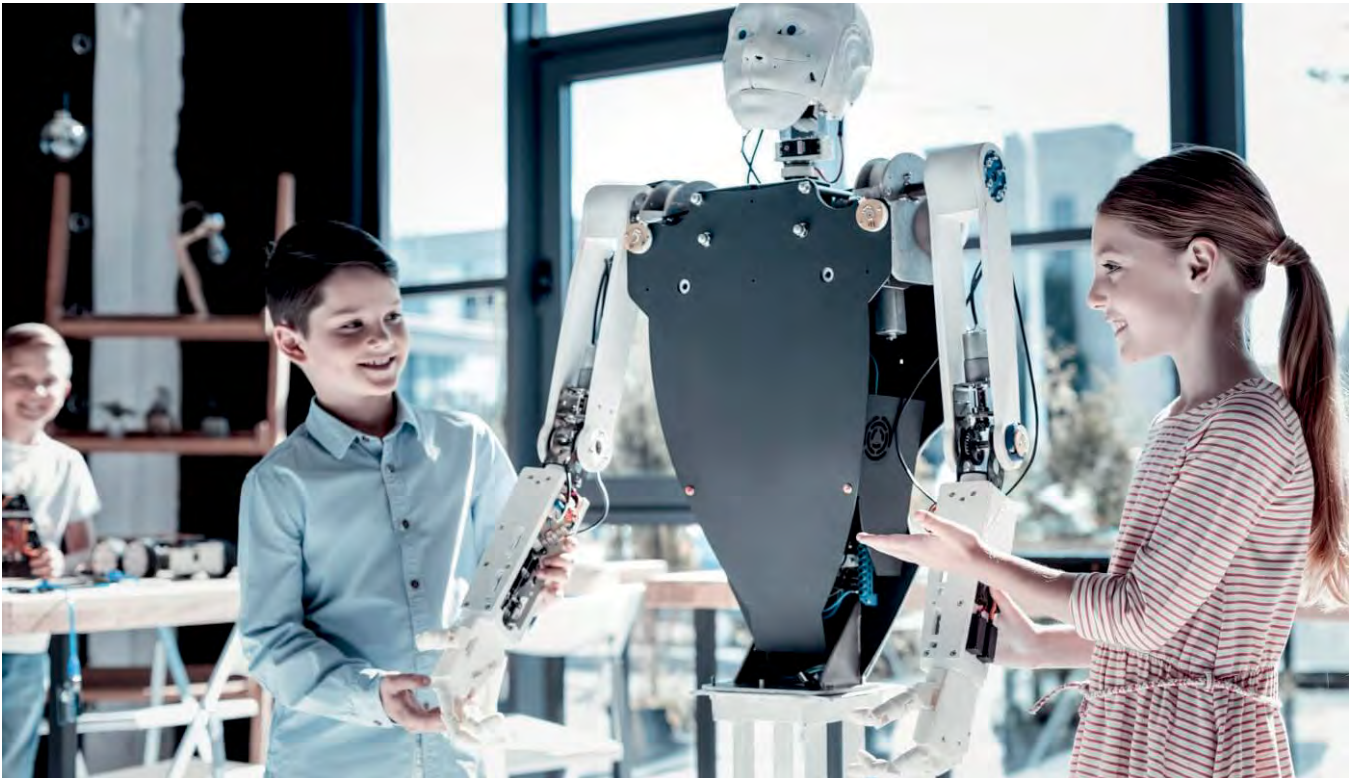
ტესტის შედეგებმა ნათლად აჩვენა, რომ ბავშვების 98% გენიოსად იხადება, მოზრდილებში კი ეს პროცენტი 2%-მდე ეცემა. ეს ფაქტი იმაზე მიუთითებს, რომ დღევანდელი მსოფლიოს ინოვაციური განვითარება სწორედ ამ 2% ზრდასრული გენიოსის დამსახურებაა. დანარჩენი მოსახლეობა ან იმეორებს, ან სწავლობს, ან იყენებს ინოვაციებს.

ისმის კითხვა, გართულ იქნა ბავშვები გენიოსებად და უნდა არ ხდება მათი განვითარება?

როგორც კვლევის ავტორები აღნიშნავენ, ბავშვებმა NASA-ს ტესტში მაღალი ქულა მიიღეს მათი ინოვაციური ან განსხვავებული წარმოსახვის გამო. მაგრამ, როდესაც ისინი იზრდებიან, წარმოსახვა ხდება კონვერგენტული, რაც საბოლოოდ ინტელექტის დაქვეითებას იწვევს. ინტელექტის ვარდნა კი უშუალო კავშირშია სწავლის მეთოდთან. ბავშვებს, ძირითადად, სთხოვენ დაზეპირებას; შესაბამისად, მათთვის რთული ხდება იმის გადმოცემა, რასაც სწავლობენ, თუკი ვერ დაინახავენ კავშირს ამ კონცეფციის გამოყენებასა და რეალობას შორის. სკოლამდელი პერიოდის სწავლის პროცესი ბავშვებისთვის განსხვავებულია – ისინი აკვირდებიან, ატარებენ ექსპერიმენტებს, „რალაც“ ქმედებებს და ადაპტირდებიან გარემოში, ყველაფერი ეს სწავლის მაღალ ეფექტურობას განსაზღვრავს. მაგრამ ეს სასწავლო პროცესი ფერხდება, როდესაც ბავშვები სწავლის ტრადიციულ მეთოდს ეცნობიან. მკვლევრების ამრიგ, ეს რომ არ მოხდეს, არ უნდა შევაფერხოთ ბავშვების ბუნებრივი სწავლის პროცესი. უნდა შევუქმნათ პირობები და მივცეთ მოტივაცია, რომ იფიქრონ, წარმოიდგინონ, შექმნან, მიიღონ პირადი გამოცდილება და მივიდნენ საკუთარ დასკვნამდე.

რატომ არის დამოკიდებული ჩვენი გაუწვევის მომავალი STEM განათლებაზე?

თუ გადავხედავთ ადამიანის ევოლუციას ბოლო 10000 წლის განმავლობაში, ვნახავთ, რომ ყველაფერი დაიწყო ნადირობით, თანდათან მიწათმოქმედებაში გადაიზარდა. მეურნეობის განვითარების შემდეგ ადამიანმა დაიწყო ნივთების შექმნა, ქალაქების აშენება, ვაჭრობა და, საბოლოოდ, წარმოებაშიც ჩაება, რამაც ინდუსტრიული რევოლუციის დაწყებას ჩაუყარა საფუძველი.



ათასობით წელი დაგვიტოვდა ნადირობიდან ინდუსტრიულ რევოლუციამდე მისასვლელად. პირველ ეტაპზე, კაცობრიობამ დაიწყო წყლისა და ორთქლის ენერგიის გამოყენება წარმოებისთვის. მეორე ეტაპი ელექტროენერგიის გამოყენება იყო მასობრივი წარმოების გასაძლიერებლად. რევოლუციის მესამე ეტაპი მოიცავდა კომპიუტერებს, საინფორმაციო ტექნოლოგიებსა და ელექტრონიკას ავტომატური წარმოებისთვის.

დღეს ჩვენ ვდგავართ მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის მიჯნაზე – მოწმენი ვართ ხელოვნური ინტელექტის, რობოტიკის, ინტერნეტისა და ისეთი საგნების გამოყენებისა, რომლებიც შეუძლებლად ითვლებოდა წინა რევოლუციურ პერიოდებში.

ბოლო 50 წლის განმავლობაში მსოფლიო რევოლუციის ტემპი ისტორიულად უპრეცედენტო იყო. ცვლილება იმდენად სწრაფია, რომ ის, რაც ციციტან გვაქვს, სულ რამდენიმე თვეში უკვე მოძველებულია; მაგალითად, ისეთი კომპანიები, როგორიცაა Apple ან Samsung, ყოველწლიურად უშვებენ სმარტფონების სულ მცირე 2 ან 3 ახალ ვერსიას უახლესი ფუნქციებით. უახლესი ფუნქციები იმდენად საოცარია, რომ

უარს ვამბობთ ადრინდელ მოდელზე, რომელიც, სინამდვილეში, სულ რამდენიმე თვისაა. სმარტფონების წარმოება მკვეთრად განვითარდა ბოლო ათწლეულის განმავლობაში და ისეთ დონეზე, რომ ძნელი წარმოსადგენია ცხოვრება მის გარეშე. მსგავსი ცვლილებები ხდება წარმოების სხვადასხვა მიმართულებით და ადამიანები გრძნობენ განვითარების ამ ტემპს ცხოვრების ყველა სფეროში.

აღნიშნული ცვლილებები ხშირად პირდაპირ არის დაკავშირებული STEM ტექნოლოგიებთან. საინტერესოა აშშ-ს მკვლევართა პროგნოზები STEM პროფესიებისთვის:

■ **PriceWaterhouseCoopers-ის (PwC) მონაცემებით, სწრაფად მზარდი პროფესიების 75% მოითხოვს STEM უნარებს.**

ცხრილში მოცემულია აშშ-ს შრომის სტატისტიკის ბიუროს მიერ STEM პროფესიებსა და STEM-თან დაკავშირებულ პროფესიებში დასაქმების უახლესი პროგნოზები. (იხ. ლიტ. [3])

პროფესიის კატეგორია	დასაქმება 2019	დასაქმება 2020	დასაქმების ცვლილება, რისხვითი სხვაობა	დასაქმების ცვლილება	საშუალო წლიური ხელფასი 2020
სულ, ყველა პროფესია	162795.6	168834.7	6039.2	3.7%	\$41,950
STEM პროფესიებში	9955.1	10752.9	797.8	8%	\$89,780
არა STEM პროფესიებში	152840.5	158081.9	5241.4	3.4%	\$40,020

როგორც ცხრილიდან ჩანს, 2020 წლისთვის დასაქმების მიმართულებით ცვლილების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი სწორედ STEM პროფესიებშია. მნიშვნელოვანია ასევე, გავითვალისწინოთ, რომ გარდა მეცნიერების, ტექნოლოგიების, ინჟინერიისა და მათემატიკისა, STEM პროფესიები მოიცავს კომპიუტერულ და მათემატიკურ პროფესიებს, არქიტექტურას და ინჟინერიას, სიცოცხლის და ფიზიკურ მეცნიერებებს, ასევე მენეჯერულ და სწავლების პროფესიებს, რომლებიც დაკავშირებულია ამ

ფუნქციურ სფეროებთან, ასევე, გაყიდვების პროფესიებთან, რომელიც სამეცნიერო ან ტექნიკურ ცოდნას საჭიროებს. ყოველივე ამის გათვალისწინებით და ზემოაღნიშნულის შეფასებით, მოსალოდნელია, რომ STEM დასაქმება მომდევნო ათწლეულში გაიზრდება კიდევ უფრო მაღალი პროცენტით.

მკვლევრებმა შემოგვთავაზეს, ასევე, STEM დასაქმების ფარგლებში პროფესიებზე მოთხოვნათა პროგნოზების სავარაუდო გაშლა

პროფესიის კატეგორია	დასაქმება 2019	დასაქმება 2020	პროგნოზური ცვლილება 2029-2019	რისხვითი ცვლილება 2029-2019
STEM პროფესიებში	9,955.10	10,752.90	8	797.8
კომპიუტერული პროფესიები	4,633.40	5,164.60	11.5	531.2
ინჟინერია	1,810.10	1,879.10	3.8	69
სიცოცხლის მეცნიერებები	344.8	361.4	4.8	16.6
STEM მასწავლებლები	294.1	308.8	5	14.7
ფიზიკოსები	276.6	291.4	5.3	14.7
მათემატიკური მეცნიერების პროფესიები	211.7	267.8	26.5	56.1

როგორც ცხრილიდან ჩანს:

- კომპიუტერული პროფესიების ზრდა აჩვენებს STEM სამუშაოების ყველაზე მეტ რაოდენობას, ციფრულ სექტორში თანმიმდევრული პროგრესის გამო.
- ციფრულ ეკონომიკაში მომხმარებლებისა და ბიზნესის მონაწილეობის გაზრდის შედეგად, მოსალოდნელია, რომ კომპიუტერთან დაკავშირებული პროფესიები ექსპონენტურად გაიზრდება მომდევნო 10 წლის განმავლობაში.
- STEM მუშაკებს აქვთ გაცილებით მაღალი ხელფასები და არ განიცდიან უმუშევრობას, არა STEM კოლეგებისგან განსხვავებით.

ზემოთ მოყვანილი მონაცემები დამაჯერებელია. სამუშაო სამყარო გარდამავალ გზას გადის. იმისათვის, რომ ჩვენი მომავალი თაობები კონკურენტუნარიანები გახდნენ, უნდა მივიღოთ ეს ცვლილება და აღვჭურვოთ ისინი სწორი ცოდნითა და უნარებით.

როგორი ქვეყნები ახორციელებენ სერიოზულად STEM განათლებას?

წამყვანი, განვითარებული ქვეყნები მთელ მსოფლიოში აცნობიერებენ ბავშვებისთვის STEM განათლების მნიშვნელობას ადრეულ ასაკში. ისინი განიხილავენ ადრეულ STEM განათლებას, რომელიც გადამწყვეტია ეკონომიკური განვითარებისთვის და მიაჩნიათ, რომ გლობალური კონკურენციის პირობებში, ეს იქნება წინსვლის მთავარი ფაქტორი.

შეერთებულმა შტატებმა STEM განათლება აქცია „წარმატების კურსის“ ნაწილად. აშშ თვლის, რომ

ერის ინოვაციური განვითარება, მისი კეთილდღეობა და უსაფრთხოება დამოკიდებულია ეფექტური და ინკლუზიური STEM განათლების ეკოსისტემაზე. დიდი ძალისხმევაა მიმართული ადრეულ ასაკში მეცნიერებისა და მათემატიკის სფეროებისადმი ინტერესის გაღვივებაზე STEM სწავლების საშუალებით. არსებობს მრავალი ორგანიზაცია და უნივერსიტეტი, რომლებიც მხარს უჭერენ დაერთად მუშაობენ STEM განათლების დანერგვაზე, მაქსიმალურად ადრეულ დონეზე.

სინგაპურმა STEM განათლების განხორციელება 2014 წლიდან დანერგა და ის სკოლამდელი აღზრდის დონიდან იწყება. მოდელის ასეთ ადრეულ ეტაპზე დანერგვის მიზანია ბავშვების აღჭურვა შესაბამისი უნარებით, რომ შემდგომში გაუადვილდეთ უფრო რთული საკითხების გაგება და ადვილად გაუმკლავდნენ ცხოვრებისეულ რთულ სიტუაციებს.

სკანდინავიური ქვეყნები, რომლებიც ლიდერობენ განათლებაში, იღებენ უფრო პრაქტიკულ მიდგომას სწავლის მიმართ და განიხილავენ პროექტზე დაფუძნებული სწავლის მიდგომაზე გადასვლას.

სხვა ქვეყნები, როგორიცაა დიდი ბრიტანეთი, კანადა, ავსტრალია, იაპონია, მზად არიან, ჩართონ STEM განათლება ადრეულ წლებში, რათა ბავშვებს სკოლის დაწყებიდანვე განუვითარდეთ სწორი აზროვნება.

დადასტურებულია, რომ აქტიური პრაქტიკული სწავლება ზრდის ბავშვების აკადემიურ წარმატებას, ამზადებს მათ სწორი მიდგომებით ადაპტირებისა და ინოვაციური აზროვნებისთვის ამ სწრაფად განვითარებად სამყაროში.

ლიტერატურა:

1. <https://www.creativityatwork.com/can-creativity-be-taught/>
2. https://medium.com/@connect_75384/the-end-of-education-94f3a39fe97c
3. <https://www.pwc.com/gx/en/careers.html>
4. <https://frugalfun4boys.com/4-engineering-challenges-kids/>
5. <https://teachingideas.ca/2022/08/08/stem-for-kids-3/>
6. <https://www.kindercare.com/content-hub/articles/2019/april/5-ways-get-kids-excited-stem>

STEAM პროექტი – კლასური მიწისძვრის მოდელირება



გიორგი ლომიძე

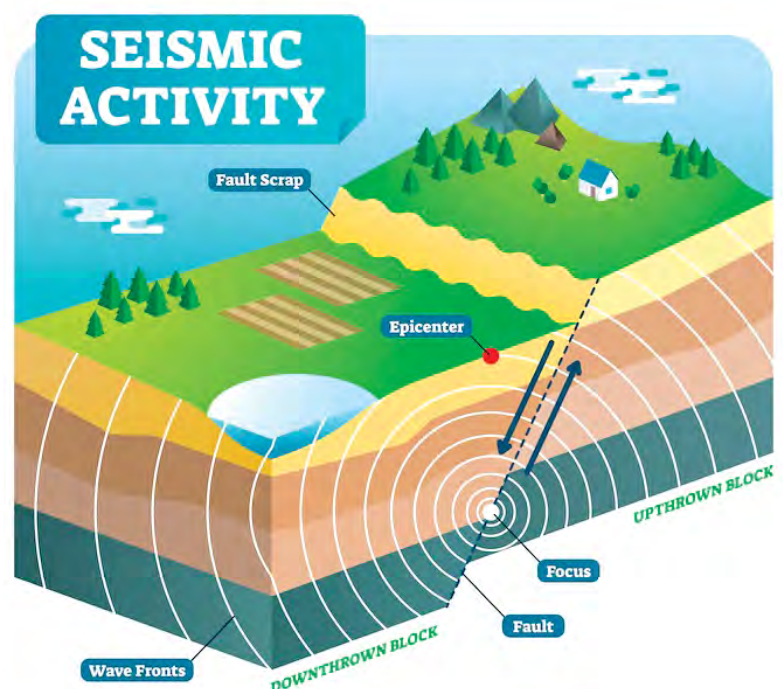
ეროვნული სასწავლო გეგმის
განვითარების ექსპერტი
ფიზიკის მიმართულებით

ჯერ კიდევ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე, მეცნიერების სხვადასხვა დარგის ჩამოყალიბებამდე, არსებობდა ერთი დარგი – ფილოსოფია. იმ დროის მეცნიერს სამყაროს შემეცნებისთვის უამრავი ფაქტის აღრიცხვა, დამახსოვრება და შემდეგ, ამაზე დაყრდნობით, შესაბამისი მოვლენებისა და პროცესების გაანალიზება უწევდა.

უამრავი ფაქტის აღრიცხვა უწევს თანამედროვე მეცნიერსაც, თუმცა განსხვავება ისაა, რომ თანამედროვე მეცნიერი აღჭურვილია ტექნოლოგიებით, რომელიც მას ეხმარება მონაცემთა მიღებაში, დამუშავებასა და გაანალიზებაში. ამრიგად, არა მხოლოდ მეცნიერს, არამედ თანამედროვე ადამიანსაც აღარ უწევს საკუთარ სპეციალობაში/სფეროში სამუშაოდ საჭირო ყველა მონაცემის დამახსოვრება და მისი ანალიზისთვის საჭირო ყველა პროცედურის შესწავლა; ამას, მის ნაცვლად, კომპიუტერული პროგრამები და დაპროგრამებული მოწყობილობები აკეთებს.

21-ე საუკუნეში, წინა ეპოქებთან შედარებით, სამეცნიერო დარგებსა და შესაბამის სპეციალობებში ოპერირებისთვის განსხვავებული უნარებია საჭირო. დღეს არცერთი კომპანია არ დაიქირავებს მათემატიკოსს რთული გამოსახულებების გასამარტივებლად,

სწორედ ასეთ „პრაქტიკულ სოლნას“
ენიჭება უპირატესობა თანამედროვე
სამყაროში და ამიტომ დაიწყო
უამრავი წამყვანმა ქვეყანამ საკუთარ
ზოგადსაგანმანათლებლო დაწესებულებებში
STEAM მეთოდოლოგიის დანერგვა.



რადგან ამას კომპიუტერული პროგრამა წარმატებით ართმევს თავს; თუმცა მათემატიკოსი, რომელიც შექმნის არსებული რეალური სიტუაციის მათემატიკურ მოდელს, ყველა კომპანიისთვის სასურველია. აქედან გამომდინარე, უპირატესობა ენიჭება არა ფაქტობრივ და პროცედურულ ცოდნას, არამედ ცოდნას, რომელიც დინამიურია და ყოფა-ცხოვრებაში რეალიზდება. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ასეთი (პირობისეული) ცოდნა მიიღწევა ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის განვითარებასთან ერთად.

მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარსა და 21-ე საუკუნეში თანამედროვე ტექნოლოგიებმა უამრავ პროფესიაზე შეამცირა მოთხოვნა და უამრავი ჩაანაცვლა კიდეც. მაგ.: ადრე თუ წერილის გასაგზავნად ერთადერთი ალტერნატივა ფოსტა იყო, დღეს ეს ელექტრონული ფოსტის საშუალებით ხდება; დღეს შესაძლებელია, დარაჯის დაქირავების ნაცვლად, შენობა აღჭურვოთ სიგნალიზაციითა და სათვალთვალო კამერებით, რომელიც, საჭიროების შემთხვევაში, თავად გადასცემს სიგნალს დაცვის პოლიციას. ადამიანებმა, ასევე, შექმნეს მოწყობილობები, რომლებიც გვეხმარება ყოველდღიური საქმის გამარტივებაში; მაგ.: თურამდენიმე დღით სამოგზაუროდ წასვლას აპირებთ, ავტომატური სარწყავი სისტემა, საჭირო დროს, თქვენ ნაცვლად მორწყავს მცენარეებს; თუ გსურთ, თავი დაიზღვიოთ უბედური შემთხვევისგან, სამზარეულოში დამონტაჟებული ბუნებრივი აირის დეტექტორი თავად აღმოაჩენს აირის გაჟონვას და ბუნებრივი აირის მიწოდებას შეწყვეტს; სახანძრო სისტემა, რომელიც ყველა სასტუმროს, სავაჭრო ცენტრისა და დიდი დაწესებულების განუყოფელი ნაწილია, თავად მიხვდება დაკვამლიანებას და სიგნალიზაციის ჩართვასთან ერთად, ხანძრის ჩაქრობასაც შეეცდება.

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი მოწყობილობის შექმნა სკოლაშივეა შესაძლებელი.

სწორედ ასეთ „პრაქტიკულ ცოდნას“ ენიჭება უპირატესობა თანამედროვე სამყაროში და ამიტომ დაიწყო უამრავმა წამყვანმა ქვეყანამ საკუთარ ბო-

გადსაგანმანათლებლო დაწესებულებებში STEAM მეთოდოლოგიის დანერგვა.

STEAM – არის აბრევიატურა: S – მეცნიერება, T – ტექნოლოგიები, E – ინჟინერია, A – ხელოვნება, M – მათემატიკა.

STEAM მეთოდოლოგიით სწავლება გულისხმობს ზემოთ ჩამოთვლილ სფეროებში შეძენილი ცოდნით პროდუქტის (მოწყობილობა, მოდელი და ა.შ.) შექმნას. პროდუქტის შექმნასთან ერთად, სწავლება ორიენტირებულია პროცესზე – როგორ იყენებენ მოსწავლეები (მეცნიერებაში, ტექნოლოგიებში, ინჟინერიაში, ხელოვნებასა და მათემატიკაში) შეძენილ ცოდნას საბოლოო მიზნის მისაღწევად.

ბოლო წლებში საქართველოს ზოგადსაგანმანათლებლო დაწესებულებებში STEAM მეთოდოლოგიის დანერგვა აქტიურად იკიდებს ფეხს. ამ პროცესში, სხვადასხვა ასოციაციასთან და კერძო ორგანიზაციასთან ერთად, აქტიურადაა ჩართული საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს ზოგადი განათლების რეფორმის STEAM გუნდი და მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი.

STEAM მეთოდოლოგიის დანერგვას ხელს უწყობს მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის ძირითადი პრინციპი – სამიზნე ცნებების გამოყოფა და შუალედური მიზნების დაგეგმვა-განხორციელება, რაც გულისხმობს კომპლექსური დავალებებით სწავლებას. კომპლექსური დავალების შესრულება, ისევე, როგორც STEAM მეთოდოლოგიით სწავლება, ორიენტირებულია პროცესსა და პროდუქტზე. შესაბამისად, სასწავლო პროცესში თანაბრად მნიშვნელოვანია, თუ რას ქმნის მოსწავლე და, პროდუქტის შექმნისას, როგორ ღრმავდება მისი ცოდნა, კონკრეტული სამიზნე ცნების/ცნებების მიმართულებით.

ვინაიდან STEAM პროექტის განხორციელება გულისხმობს რამდენიმე სფეროს გაერთიანებით შესაბამისი პროდუქტის შექმნას, შესაძლებელია, პარალელური გაგავლოთ STEAM პროექტისა და ინ-

ტეგირებული კომპლექსური დავალების განხორციელებას შორის, რა დროსაც, სხვადასხვა საგნის მასწავლებლების ურთიერთთანამშრომლობით დაგეგმილ სასწავლო პროცესში, ერთდროულად აქტიურდება სამიზნე ცნებები სხვადასხვა საგნიდან.

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სპეციფიკიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია, მოსწავლე ჩართული იყოს ისეთ აქტივობებში, რომლის დროსაც უშუალოდ ვაკვირდებით რეალურ მოვლენას ან რეალური მოვლენის მოდელს. კვლევის იმ ეტაპების გადალახვა, რომელიც საჭიროა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასატრელად (ამოცანის დასახვა, ამოცანის გადასატრელად საჭირო რესურსების მოძიება, სტრატეგიის დაგეგმვა – ალგორითმის შექმნა, მონაცემების მობილიზება და დამუშავება, ოპტიმალური გზის ამორჩევა, დასკვნის გამოტანა), მოსწავლეებს, ერთი მხრივ, თავს აგრძნობინებს მკვლევრებად, რომელთა წინაშეც დასახულია რეალური პრობლემა (იზრდება მოსწავლეთა მოტივაცია), მეორე მხრივ კი, მოსწავლეები ეუფლებიან ზუსტ და საბუნებისმეტყველო საგნების კომპეტენციებს. შესაბამისად, კეთებით სწავლების კომპონენტი, რომელიც STEAM პროექტების განუყოფელი ნაწილია, ზოგადი განათლების რეფორმის პრიორიტეტულ მიმართულებად ითვლება.

განვიხილოთ STEAM პროექტი, რომელშიც ნათლად იქნება წარმოჩენილი მისი განხორციელების ეტაპები, საჭირო რესურსები, აქტივობები და ისიც, თუ როგორაა შესაძლებელი შესაბამისი საგნობრივი საკითხების სიღრმეებში ჩასვლა (მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნების დაკმაყოფილება), მოცემული პროექტის განხორციელებისას.

STEAM პროექტი—მიწისძვრის მოდელირება და სხვადასხვა კონსტრუქციის მდგრადობის გამოკვლევა.

- პროექტის განხორციელების პირველ ეტაპზე, მოსწავლეებს ვაცნობთ ინფორმაციას განსახილველი

მოვლენის შესახებ—მოვლენის არსსა და პრობლემას, რომლის გადაჭრასაც ითვალისწინებს დავალება:

ზოგიერთი ქვეყანა (მათ შორის, საქართველო) სეისმურად აქტიური ზონაა, რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ რეგიონებში ხშირია მიწისძვრები. მიწისძვრა იწვევს შენობების რყევას, რამაც შეიძლება შენობების დაზარალება გამოიწვიოს ან, საერთოდ, დამანგრეველი აღმოჩნდეს. ეს კი სერიოზულ საფრთხეს უქმნის ადამიანებს. მიწისძვრების მიმართ ყველაზე დიდ საფრთხეს მაღალი შენობების მდგრადობა წარმოადგენს, თუმცა, ინჟინრებმა შეიმუშავეს სხვადასხვა მეთოდი, რათა შენობები მიწისძვრის მიმართ უფრო მდგრადი გახდეს. ზოგიერთი მაღალი შენობის სახურავზე ჩამოკიდებენ მძიმე ტვირთს, რომელიც მიწისძვრის დროს შენობის შიგნით ირხევა. ამით მნიშვნელოვნად მცირდება შენობის რხევის ამპლიტუდა და შესაძლებელი ხდება მისი ნგრევის თავიდან არიდება.

- შემდეგ მოსწავლეებს მკაფიოდ ვუყალიბებთ დავალების საკვანძო შეკითხვას (მთავარ შეკითხვას, რომელსაც პასუხი გაეცემა პროექტზე მუშაობისას) – რა პროდუქტი უნდა შექმნან და რა მოვლენა უნდა გამოიკვლიონ მათ:

როგორ შევქმნა მერხევი მაგიდის მოდელი, რომლის საშუალებითაც შევისწავლით სხვადასხვა კონსტრუქციის მდგრადობას მიწისძვრის მიმართ?

- იმისათვის, რომ პროექტის განხორციელების პროცესი ორიენტირებული იყოს კეთებით სწავლებით საგნობრივი საკითხების (გეოგრაფიიდან – მიწისძვრა, ფიზიკიდან – რხევები და ტალღები) ღრმა გააზრებაზე და პროექტის დასრულების შემდგომ შესაძლებელი იყოს იმის შეფასება თუ

რა ცოდნა შეიძინა მოსწავლემ, საჭიროა, მოსწავლეებს მკაფიოდ განვუმართოთ თუ რა უნდა წარმოაჩინონ პროექტის პრეზენტაციისას. ამ ჩამონათვალს, შესაძლებელია, პროექტის/დავალების შეფასების კრიტერიუმებიც ვუწოდოთ.

პროექტის შეფასების კრიტერიუმები:

პროექტის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

- რა ფიზიკური პროცესი მიმდინარეობს მიწისძვრის დროს და რა შედეგები შეიძლება მოჰყვეს ამ პროცესს. როგორ არის შესაძლებელი სხვადასხვა შენობის (კონსტრუქციის) მდგრადობის გამოკვლევა მიწისძვრის მიმართ;
- რა მიზეზები იწვევს მიწისძვრას, რომელი ფიზიკური კანონზომიერებებით აღიწერება ეს პროცესი და როგორ ხდება მიწისძვრის ეპიცენტრისა და სიძლიერის დადგენა;
- რა მეთოდებით არის შესაძლებელი მიწისძვრით გამოწვეული შენობების რხევის ამპლიტუდის შემცირება და, შესაბამისად, დამანგრეველი ეფექტების თავიდან არიდება;

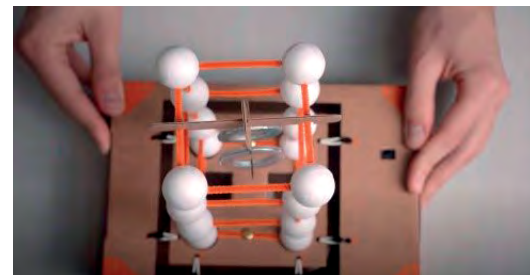
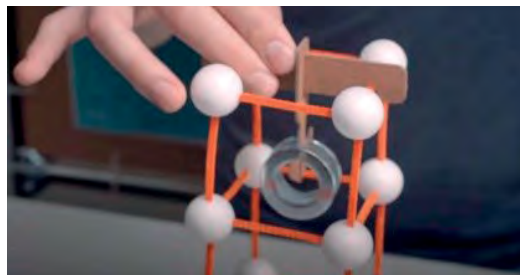
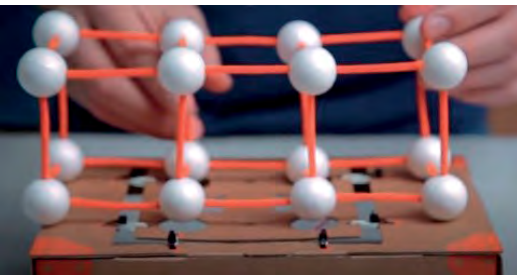
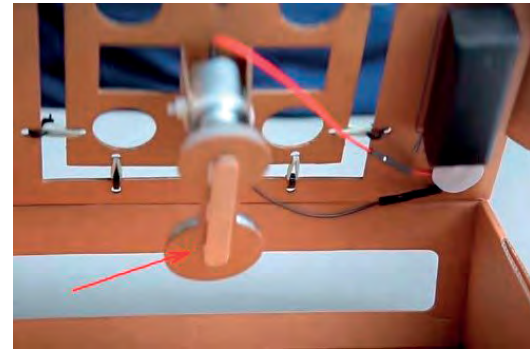
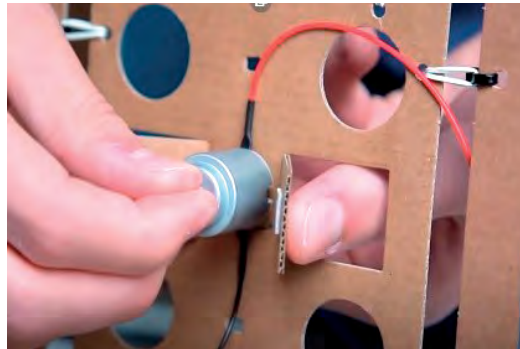
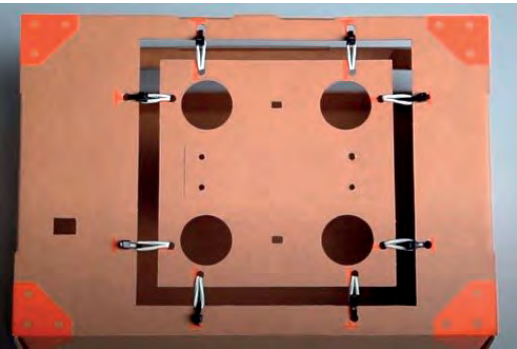
პროექტი მიემართება ამა თუ იმ სამიზნე ცნებას ნიშნავს, რომ ამ პროექტის განხორციელებისას მოსწავლე ასრულებს ისეთ აქტივობებს, პასუხობს ისეთ კითხვებს და მსჯელობს ისეთ დილემებზე, რომლებიც ხელს უწყობს მოცემული სამიზნე ცნებების (ფიზიკიდან – „ფიზიკური პროცესი“, გეოგრაფიიდან – „გეოგრაფიული გარსი“) გააზრებას, მოცემულ სამიზნე ცნებებთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას.

აღსანიშნავია, რომ შემოთხამოთ ვლილი კრიტერიუმები ჩამოყალიბებულია იმ საგნების (ჩვენს შემთხვევაში ფიზიკისა და გეოგრაფიის) სამიზნე ცნებების მკვიდრი წარმოდგენების შესაბამისად, რომელთა

გააზრებაცაა დაგეგმილი აღნიშნულ პროექტში. ეს ნიშნავს, რომ დავალების კრიტერიუმებზე მუშაობისას, მოსწავლე ეუფლება კონკრეტული სამიზნე ცნებების მკვიდრი წარმოდგენების მოცემულ საგნობრივ საკითხებთან (გეოგრაფიიდან – მიწისძვრა, ფიზიკიდან – რხევები და ტალღები) მიმართებაში.

- დავალების პირობის, საკვანძო შეკითხვისა და კრიტერიუმების გაცნობასთან ერთად, მოსწავლეებს უნდა მივაწოდოთ დავალების განსახორციელებლად საჭირო რესურსების ჩამონათვალი. როდესაც საქმე ეხება დავალების განსახორციელებლად საჭირო მატერიალური რესურსების შესყიდვას, ამ შემთხვევაში ხარჯების ცოლამუნდა გაილოს. აღნიშნული პროექტის განსახორციელებლად მოსწავლეებს დასჭირდებათ:

- მუყაოს ყუთი;
- რეზინის ზონრები (N1 სურათზე თეთრი ფერის);
- პოლიეთილენის სამაგრები, ხამუტები (N1 სურათზე შავი ფერის);
- მაკრატელი;
- ელემენტებზე მომუშავე ელექტროძრავა (სურ. N2);
- ძრავაზე დასამაგრებელი ტვირთი, მასათა ცენტრის წანაცვლებისთვის (სურ. N3);
- პოლიეთილენის წკირები და ბურთულები, კონსტრუქციების ასაწყობად (სურ. N4);
- მუყაოს ნაჭრები და ტვირთები, ქანქარას დასამზადებლად (სურ. N5, N6);
- აპლიკაცია – ფიზიკის ლაბორატორია: <https://phyphox.org/download/>
- მერხევი მაგიდის დამზადების ინსტრუქცია: <https://www.youtube.com/watch?v=6HgxiYBkh3U>
- აპლიკაციის გამოყენების ინსტრუქცია, მიწისძვრის სიძლიერის გასაზომად: <https://www.youtube.com/watch?v=FfrFYW4TDQQ>



STEAM პროექტის განხორციელებაში, ისევე, როგორც ინტეგრირებულ კომპლექსურ დავალებებში მუშაობაში, მასწავლებელი და მოსწავლე ერთნაირად არიან ჩართულები. დავალების განხორციელების პროცესი მოსწავლისთვის არის ნაბიჯების ერთობლიობა, რომლის დროსაც აიგება ცოდნა. მოსწავლე ასრულებს აქტივობებს, პასუხობს აქტივობების შესაბამის კითხვებს, იძიებს ინფორმაციას, ქმნის მოდელს, მიდის ნაცნობიდან უცნობისკენ, აღმოაჩენს და გაიაზრებს კანონზომიერებებს; მას უყალიბდება სამიზნე ცნებებთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები. მასწავლებლისთვის, STEAM პროექტის განხორციელების ეტაპები წარმოადგენს სამოქმედო გეგმას, რომელიც დაფუძნებულია კონსტრუქტივიზმის პრინციპზე. საჭირო დროს შერჩეული შესაბამისი აქტივობები, ინსტრუქციები და ცოდნის კონსტრუირების ხელშემწყობი თანმიმდევრობით დალაგებული შეკითხვები მასწავლებლისთვის არის იარაღი, ხელი შეუწყოს მოსწავლეს სწავლის სწავლაში და წარმართოს სასწავლო პროცესი მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის შესაბამისად. ამრიგად, STEAM პროექტის განხორციელებისას, მასწავლებელი გვევლინება მეგზურად, რომელიც მოსწავლეს გზას უკვალავს ახალი ცოდნის აგებისკენ.

პროექტის განხორციელების ეტაპი N 1

- ვიდრე მოსწავლეები უშუალოდ შეუდგებიან მერხევი მაგიდის დამზადებას, სასურველია, გააზრებული ჰქონდეთ დავალების პირობა და ისიც, თუ რა მნიშვნელობა აქვს საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში რამე სხეულის, მოწყობილობის, მექანიზმის, ფიზიკური მოვლენის მოდელის შექმნას და მასზე დაკვირვებას (ექსპერიმენტებისა და ცდების ჩატარებას). პირველი ეტაპი სწორედ პროექტის ფორმას, დავალების პირობის გააზრებას და სამოქმედო გეგმის შედგენას ეხება. ამ ეტაპზე შესაძლებელია, მოსწავლეებს საგაკვეთილო პროცესში დაეუსვათ შემდეგი ტიპის კითხვები:

- რა არის მოდელი?
- შეგიქმნიათ თუ არა რამის მოდელი?
- რისთვის არის საჭირო მოდელის შექმნა?
- როგორ შექმნით მიწისძვრის სიმულაციის გამომწვევ მოდელს (მერხევი მაგიდას)?
- რანივთები და ხელსაწყოები დაგჭირდებათ მერხევი მაგიდის დასამზადებლად?
- რანივთები და ხელსაწყოები დაგჭირდებათ შენობის მაკეტის (კონსტრუქციის) დასამზადებლად?

- როგორ დაამზადებთ შენობის მაკეტს (კონსტრუქციას)?
- როგორ დაამზადებთ და დაამაგრებთ შენობაზე რყევების შესამცირებლად საჭირო ქანქარას?
- როგორ შეადარებთ ერთმანეთს მიწისძვრით გამოწვეულ რყევებს?
- რა არის მიწისძვრა?
- რა განსხვავებაა მიწისძვრის ეპიცენტრსა და კერას შორის?
- როგორ შეიძლება მიწისძვრის სიმუღირება?
- რაში გვჭირდება მიწისძვრის სიმუღირება?
- რა მოწყობილობები დაგვჭირდება მიწისძვრის სიმუღირებისთვის?
- როგორი მიმართულების ტალღები შეიძლება გავრცელდეს მიწისძვრის დროს და როგორის სიმუღირება შეგვიძლია ჩვენი მოწყობილობით?
- თქვენი სიტყვებით ჩამოაყალიბეთ, რას შეეხება თქვენ მიერ შესასრულებელი პროექტი, რომელზეც რამდენიმე გაკვეთილის განმავლობაში უნდა იმუშაოთ.
- მსგავსი ფორმის ან შინაარსის დავალება სხვა დროს თუ შეგისრულებიათ?

პროექტის განხორციელების ეტაპი N2

ნაბიჯი 1 – მიწისძვრის სადემონსტრაციო მაგიდის დამზადება და პროცესის გამოკვლევა (მუშაობა პროექტის პირველ კრიტერიუმზე)

- პროექტის განხორციელების მეორე ეტაპზე მოსწავლეები, ვიდეონსტრუქციის მიხედვით, ამზადებენ მერხევი მაგიდის მოდელს და სხვადასხვა ფორმის შენობის კონსტრუქციებს:
<https://www.youtube.com/watch?v=6HgxYBkh3U>
- ძრავაზე მიმაგრებული მასათა ცენტრის წამანაცვლებელი ტვირთის მასის ცვლილებით, მოსწავლეები ცვლიან წარმოქმნილი ბიძგების სიძლიერეს;

- მასწავლებელს შეუძლია კლასი დაყოს ჯგუფებად, რომელთაგან თითოეული გამოიკვლევს სხვადასხვა ფორმის კონსტრუქციის მდგრადობას სხვადასხვა სიძლიერის მიწისძვრის მიმართ (იმისათვის, რომ გამოვიკვლიოთ, როგორ არის დამოკიდებული შენობების მდგრადობა კონსტრუქციის ფორმაზე, ყველა ჯგუფმა კონსტრუქციები ერთი და იმავე მასალისგან უნდა დაამზადოს);
- თითოეული ჯგუფი მიწისძვრის სიძლიერეს გამოცდის მობილურის აპლიკაციით, რომლის ჩამოტვირთვაც შესაძლებელია შემდეგი ბმულიდან: <https://phyphox.org/download/>, ხოლო მისი სარგებლობის შესახებ ინფორმაცია მოცემულია შემდეგ ბმულზე:
<https://www.youtube.com/watch?v=FfrFYW4TDQQ;>

ექსპერიმენტის მიმდინარეობა:

- მერხევი მაგიდის ცენტრში დააწებეთ წინასწარ გამზადებული კონსტრუქცია (კონსტრუქციის მაგიდაზე დასაწებებლად, თითოეულმა ჯგუფმა გამოიყენეთ წებოს ერთნაირი რაოდენობა);
- მაგიდის ძრავას მიამაგრეთ ერთნაირი მასის ტვირთები (მასათა ცენტრის წასანაცვლებლად);
- მაგიდაზე, კონსტრუქციისგან ერთნაირი დაშორებით, მოათავსეთ (ორმაგი წებოვანი ლენტით დაამაგრეთ) მობილური ტელეფონი (სასურველია, ყველა ჯგუფმა ერთნაირი მასის მობილური ტელეფონებით ისარგებლოს), რომელშიც გააქტიურებული გექნებათ აპლიკაცია აჩქარების დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის ასაგებად;
- ჩართეთ მაგიდის ძრავა 2 წუთით;
- შეადარეთ თითოეული ჯგუფის მიერ დამზადებული კონსტრუქციების დაზიანების ხარისხი 2 წუთიანი „მიწისძვრის“ შემდეგ;

■ გაიმეორეთ ექსპერიმენტი, როდესაც მაგიდის ძრავაზე მიმაგრებული ტვირთის მასას ორჯერ გაზრდით და შეადარეთ სხვადასხვა ჯგუფის მიერ დამზადებული კონსტრუქციების დაზიანების ხარისხი ერთმანეთსა და წინა ექსპერიმენტის შედეგებსაც;

■ ჩატარებულ ექსპერიმენტებში მიღებული შედეგების უკეთ გასაანალიზებლად მოსწავლეები პასუხობენ შემდეგი ტიპის კითხვებს:

- რისი გამოკვლევა გსურთ აღნიშნული ექსპერიმენტებით?
- რამ გამოიწვია მაგიდის რხევა?
- როგორ მოძრაობას ასრულებდა მაგიდაზე დამაგრებული კონსტრუქცია?
- რა შეიცვლებოდა, ტელეფონი მაგიდაზე უძრავად რომ არ ყოფილიყო დამაგრებული?
- რას ზომავედით მოხილური ტელეფონით?
- რა სიდიდეებით ზომავენ მიწისძვრის სიძლიერეს?
- რომელ შემთხვევაში აღმოჩნდა მიწისძვრა დამანგრეველი?
- წარმოიდგინეთ, რომ ხართ მშენებელი. როგორ ფიქრობთ, შესაძლებელია თუ არა წინასწარ იმის მიახლოებითი განსაზღვრა თუ რამდენ ბალიან მიწისძვრას გაუძლებს შენობა, რომლის აშენებასაც აპირებთ?
- რა მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონოდა ტელეფონის მასას? შეიცვლებოდა თუ არა შედეგი შედარებით მძიმე ან მსუბუქი ტელეფონი რომ გამოგეყენებინათ?
- რატომ დაამზადეთ კონსტრუქციები ერთნაირი მასალისგან?
- როგორ ფიქრობთ, შესაძლებელია თუ არა მსგავსი მოწყობილობით (მერხევი მაგიდით) სამშენებლო მასალების ხარისხის გამოკვლევა?

- რომელი კონსტრუქცია აღმოჩნდა ყველაზე გამძლე და რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?
-

ნაბიჯი 2 – საგნობრივი საკითხების გააზრება (მუშაობა პროექტის მეორე კრიტერიუმზე)

■ მნიშვნელოვანია, მოსწავლეებმა, აღნიშნული ექსპერიმენტების მსვლელობისას, გაიაზრონ იმ საგნობრივი საკითხების მნიშვნელობა, რომლებიც მიწისძვრის პროცესის აღწერაში დაგვეხმარება. ასეთებია: ფიზიკიდან – რხევა, განივი და გრძივი ტალღა, გეოგრაფიიდან – მიწისძვრა.

■ აღნიშნული საკითხების უკეთ გასაანალიზებლად მასწავლებელმა მოსწავლეებს უნდა შეასრულებინოს გარკვეული აქტივობები (რეალური ან ვირტუალური ექსპერიმენტი, ამოცანების ამოხსნა, თეორიული მასალის დამუშავება და ა.შ.); ქვემოთ მოცემულია მასალები, რომელთაგან აქტივობას მასწავლებელი შეარჩევს, სურვილის შესაბამისად:

1. მე-11 კლასი – რხევა – ქანქარას პარამეტრები – ნაბიჯი 4.docx
 2. მე-11 კლასი – რხევა – ქანქარას პარამეტრები (გრაფიკები) – ნაბიჯი 4.xlsx
 3. მე-11 კლასი – რხევა – ძალების მდგენელების გამოსახვა და ანალიზი – ნაბიჯი 2.docx
 4. მე-11 კლასი – რხევა – ქანქარაზე მოქმედი ძალები – ნაბიჯი 1.docx
 5. მე-11 კლასი – რხევა – ძალების მდგენელების გამოსახვა და ანალიზი – ნაბიჯი 2.mp4
 6. მე-11 კლასი – ქანქარა – ძალები – ნაბიჯი 4.mp4
 7. ზამბარაზე მიმაგრებული ტვირთი.docx
 8. ზამბარაზე მიმაგრებული ტვირთი.mp4
1. მე-5 და მე-6 ბმულზე მოცემული ვიდეოინსტრუქციების შესაბამისად, მასწავლებელი მოსწავლეებს შეურჩევს სასურველ აქტივობას: საქანელას რხე-

ვის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მასზე მოქმედი ძალების ურთიერთდამოკიდებულების დადგენა (ბმული 1); საქანელაზე მოქმედი ძალების გამოსახვა და ანალიზი (ბმული 3,4).

2. ზამბარაზე მიმაგრებული ტვირთის რხევის შესწავლა (ბმულები 7,8);
3. მექანიკური რხევა, განივი და გრძივი ტალღების შესწავლა: მეცნიერება და ტექნოლოგიები.pdf (თემა „მედიცინა და ტექნოლოგიები“, გვ. 43-65)
4. მიწისძვრა: მეცნიერება და ტექნოლოგიები.pdf (თემა „საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია“ გვ. 102)

საკითხების გააზრებაზე ორიენტირებული დამხმარე კითხვები:

- რა არის ტექტონიკური ფილა?
- თქვენი აზრით, რატომ და როგორ მოძრაობს ტექტონიკური ფილები?
- რას იწვევს ფილების ერთმანეთთან შეხება (შეჯახება)?
- როგორ ადგენენ მიწისძვრის ეპიცენტრს?
- რა ერთეულებში ზომავენ მიწისძვრის სიძლიერეს?
- სად და როდის მომხდარი მიწისძვრების შესახებ გსმენიათ?
- რომელი დამანგრეველი მიწისძვრების შესახებ გსმენიათ?
- როგორია მიწისძვრების გავრცელების კანონზომიერებები?
- თქვენი აზრით, შესაძლებელია თუ არა მიწისძვრის პროგნოზირება?
- რაზე დამოკიდებული მიწისძვრისგან მიყენებული ზარალი და როგორ შეიძლება შევამციროთ ის?
- როგორ მოძრაობას ეწოდება მექანიკური რხევა?
- რომელი ფიზიკური სიდიდეებით აღიწერება მექანიკური რხევა?

- რას ეწოდება ჰარმონიული რხევა?
- რომელი ფიზიკური სიდიდეებით აღიწერება ჰარმონიული რხევა?
- როგორაა დამოკიდებული ჰარმონიულად მერხევი სხეულის კოორდინატი დროზე?
- როგორაა დამოკიდებული ჰარმონიულად მერხევი სხეულის სიჩქარე და აჩქარება დროზე?
- როგორ წარმოადგენს ჰარმონიულად მერხევი სხეულის კოორდინატის სიჩქარისა და აჩქარების დროზე დამოკიდებულებას?
- რა არის მათემატიკური ქანქარა?
- რაზე დამოკიდებული მათემატიკური ქანქარას რხევის პერიოდი და როგორ გამოითვლება ის?
- რას ეწოდება მექანიკური ტალღა?
- რა არის განივი და გრძივი ტალღა, რა განსხვავებაა მათ შორის?
- რომელი ფიზიკური სიდიდეებით აღიწერება მექანიკური ტალღა?
- როგორ კავშირშია ტალღის გავრცელების სიჩქარე, სიხშირე და ტალღის სიგრძე ერთმანეთთან?
- როგორი ტალღები ვრცელდება მიწისძვრის დროს?
- რამნიშვნელობა აქვს გარემოს, რომელშიც ტალღა ვრცელდება?
- როგორ გვეხმარება ტალღების გავრცელების შესწავლა მიწისძვრის ეპიცენტრის დადგენაში?

ნაბიჯი 3 – შენობების დაცვა მიწისძვრის დროს (მუშაობა პროექტის მესამე კრიტერიუმზე)

აქტივობა: მოსწავლეები ამზადებენ შენობის მაკეტზე (კონსტრუქციაზე) დასამაგრებელ ქანქარას, შემდეგ ბმულზე მოცემული ვიდეოინსტრუქციის შესაბამისად: <https://www.youtube.com/watch?v=6HgxYBkh3U>

მასწავლებელი მოსწავლეებს ყოფს ჯგუფებად. თითოეული ჯგუფი დააკვირდება თუ რამდენად შეამცირა კონსტრუქციის რყევა მასზე დაკიდებულმა ქანქარამ.

იმავლენებს, რომლებზეც თითოეული ჯგუფი ზრდის კონსტრუქციაზე ჩამოკიდებული ქანქარას ტვირთის მასას და გამოაქვს დასკვნა იმის შესახებ თუ როგორ არის შესაძლებელი მიწისძვრის დამანგრეველი ეფექტების თავიდან არიდება.

მოვლენის გააზრებაზე ორიენტირებული დამხმარე კითხვები:

- როგორ შეცვალა მაკეტის თავზე ქანქარას დამაგრებამ კონსტრუქციების მდგრადობა?
- როგორ შეიცვალა კონსტრუქციის რხევის ამპლიტუდა ქანქარას დამაგრების შემდეგ? ქანქარაზე დაკიდებული ტვირთის მასის გაზრდის შემდეგ?
- რით აიხსნება კონსტრუქციის რხევის ამპლიტუდის შემცირება ქანქარას დამაგრების შემდეგ?
- მოიძიეთ ინფორმაცია: რომელ ცნობილ ცათამბჯენებშია მიწისძვრის საწინააღმდეგო ქანქარა დამაგრებული?
- მოიძიეთ ინფორმაცია: დამატებით, რა უსაფრთხოების ზომებს მიმართავენ მიწისძვრის დამანგრეველი ეფექტების თავიდან ასარიდებლად?
- მოიძიეთ ინფორმაცია: რა რეკომენდაციას აძლევენ სპეციალისტები მოსახლეობას მიწისძვრის დროს, უსაფრთხოების თვალსაზრისით?

პროექტის განხორციელების დასასრულს, სასურველია, მოსწავლეებმა საკუთარი პროდუქტები (მიწისძვრის სადემონსტრაციო მაგიდა და შენო-

პროექტი მიმდინარეობს ამა თუ იმ საფეხზე სწავლის დროს, რომ ამ პროექტის განხორციელებისას მოსწავლე ასრულებს ისეთ აქტივობებს, აკუსტურს ისეთ კითხვებს და მსჯელობს ისეთ დიდიკლასებზე, რომლებიც სწავლის უწყობს მოხერხებული საფეხური (ფიზიკიდან – „ფიზიკური პროექტი“, გეოგრაფიიდან – „გეოგრაფიული გარემო“) გააზრებას, მოხერხებულ საფეხურთან დაკავშირებული გეგმადი წარმოდგენის ჩამოყალიბებას.

ბის მაკეტები, კონსტრუქციები) თანატოლებსა და მეგობრებს გაუზიარონ. შესაძლებელია, სკოლაში მოეწყოს გამოფენაც, რომელზეც მოწვეული იქნებიან მშობლები. ეს ერთგვარი დადებითი ტრადიციის დამკვიდრებასაც შეუწყობს ხელს – მშობლები სკოლაში საკუთარი შვილების წარმატების სანახავად მივლენ.

STEAM პროექტის შეფასებისას, მასწავლებელმა ყურადღება უნდა მიაქციოს 3 ძირითად კომპონენტს და შეუძლია, სურვილისამებრ, თითოეულს შესაბამისი წილი მიანიჭოს საერთო 10 ქულიდან:

- 1 **კომპონენტი** – რამდენად ხარისხიანად აქვს მოსწავლეს გააზრებული მიწისძვრის სადემონსტრაციო მაგიდის მუშაობის პრინციპი და რამდენად იაზრებს მის მნიშვნელობას მოცემული მოვლენის გამოკვლევაში;
- 2 **კომპონენტი** – რამდენად კარგად გაართვა თავი მოსწავლემ პროექტის შეფასების კრიტერიუმებს;
- 3 **კომპონენტი** – რამდენად გამოავლინა მოსწავლემ სამიზნე ცნებების ქვეცნებებთან (გრძივი ტალღა, განივი ტალღა, მექანიკური რხევა, მიწისძვრა, ფილების ტექტონიკა) დაკავშირებული ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნა.



კახა ჭლენძი

საბუნებისმეტყველოს საგნების
მხარდაჭერის ქვეპროგრამის მენეჯერი,
მასწავლებელთა პროფესიული
განვითარების ეროვნული ცენტრი
ილიას უნივერსიტეტის მოწვეული ლექტორი

რა გავლენას STEM აქტივობას?

როგორია მისი ადგილი სასწავლო პროცესში?

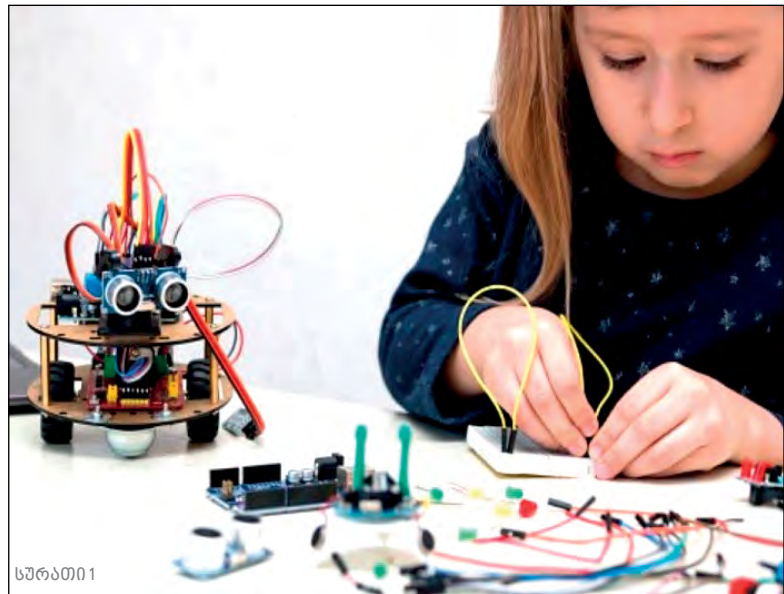
STEM სწავლებაზე დისკუსიების დროს იკვეთება პრობლემა: რა განასხვავებს STEM სწავლებას საბუნებისმეტყველო საგნების ტიპურ სწავლებისგან? კოლეგების ნაწილს უჩნდება კითხვა: რატომ გაზრდის STEM სწავლება მოსწავლეების დაბალ მოტივაციას მეცნიერებით დაინტერესების მიმართულებით?

ბოლო ათწლეულის საერთაშორისო კვლევები აჩვენებს, რომ კეთებით სწავლების და კვლევითი აქტივობების გამოყენება ძლიერი მოტივატორია მოსწავლეების მეცნიერებით დაინტერესების. ასევე მნიშვნელოვანია სასწავლო შემოქმედებით გარემო, რომელსაც ქმნის მასწავლებელი (იხ. ლიტერატურა [1][2][3]), მასწავლებლის პიროვნული დამოკიდებულება მეცნიერებისადმი და პედაგოგიური სტრატეგია.

საერთაშორისო კვლევების საფუძველზე, გამოიკვეთა STEM სწავლების ეფექტიანობის რამდენიმე საკვანძო პრინციპი, რომელიც უნდა განახორციელოს მასწავლებელმა. (იხ. ლიტერატურა [4])

STEM მასწავლებელმა უნდა უზრუნველყოს:

1. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების ან/და მათემატიკის შინაარსის ინტეგრირება სასწავლო პროცესში;



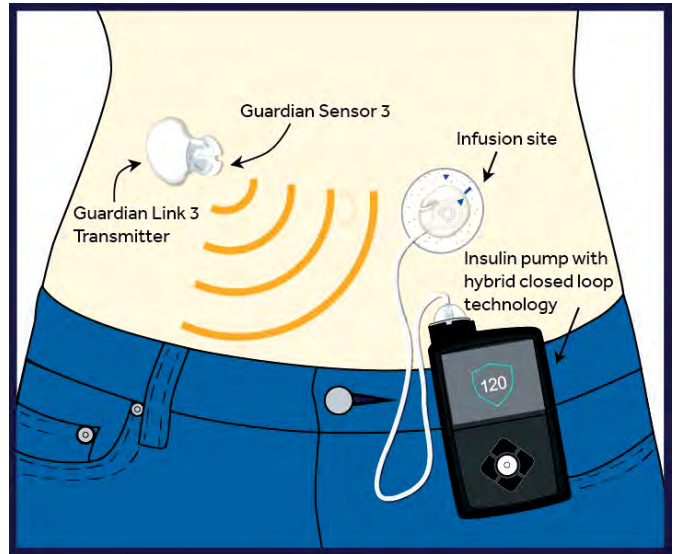
სურათი 1

2. ინჟინრული იდეების განხორციელება და ტექნოლოგიების გამოყენება აქტივობებში/პროექტებში;
3. აუთენტური სიტუაციების, რეალურ გარემოსთან დაკავშირებული გამოწვევების შეთავაზება მოსწავლეთათვის და საგანთ-შორისი კავშირების გამოყენებით მათ გადაჭრაში მხარდაჭერა;
4. ექსპერიმენტირებაზე და კვლევაზე ორიენტირებული აქტივობების ჩატარება;
5. ციკლური სასწავლო პროცესის განხორციელება, რომლის განმავლობაშიც მუდმივად ხდება გადაწყვეტილებების შეფასება, დაშვებულ შეცდომებზე სწავლა და შედეგების დახვეწა;

6. მოსწავლეზე ორიენტირებული მიდგომების გამოყენება და მამოტივირებელი სასწავლო გარემოს შექმნა, სადაც მოსწავლე აქტიური შემსწავლელია;
7. გუნდური მუშაობა.

ჩვენ შემოგთავაზებთ საინტერესო პროექტს, რომლის მაგალითზე შევეცდებით დავინახოთ STEM სწავლების განმასხვავებელი შვიდი ნიშანი.

STEM პროექტის განხილვა მესამე პრინციპით დავიწყოთ:



„აუთენტური სიტუაციების,
რეალურ გარემოსთან დაკავშირებული
გამოწვევების უმთავრესაა მოსწავლეთათვის
და საგანთმფლობლის კავშირების გამოყენებით
მათ გადაჭრაში მხარდაჭერა“

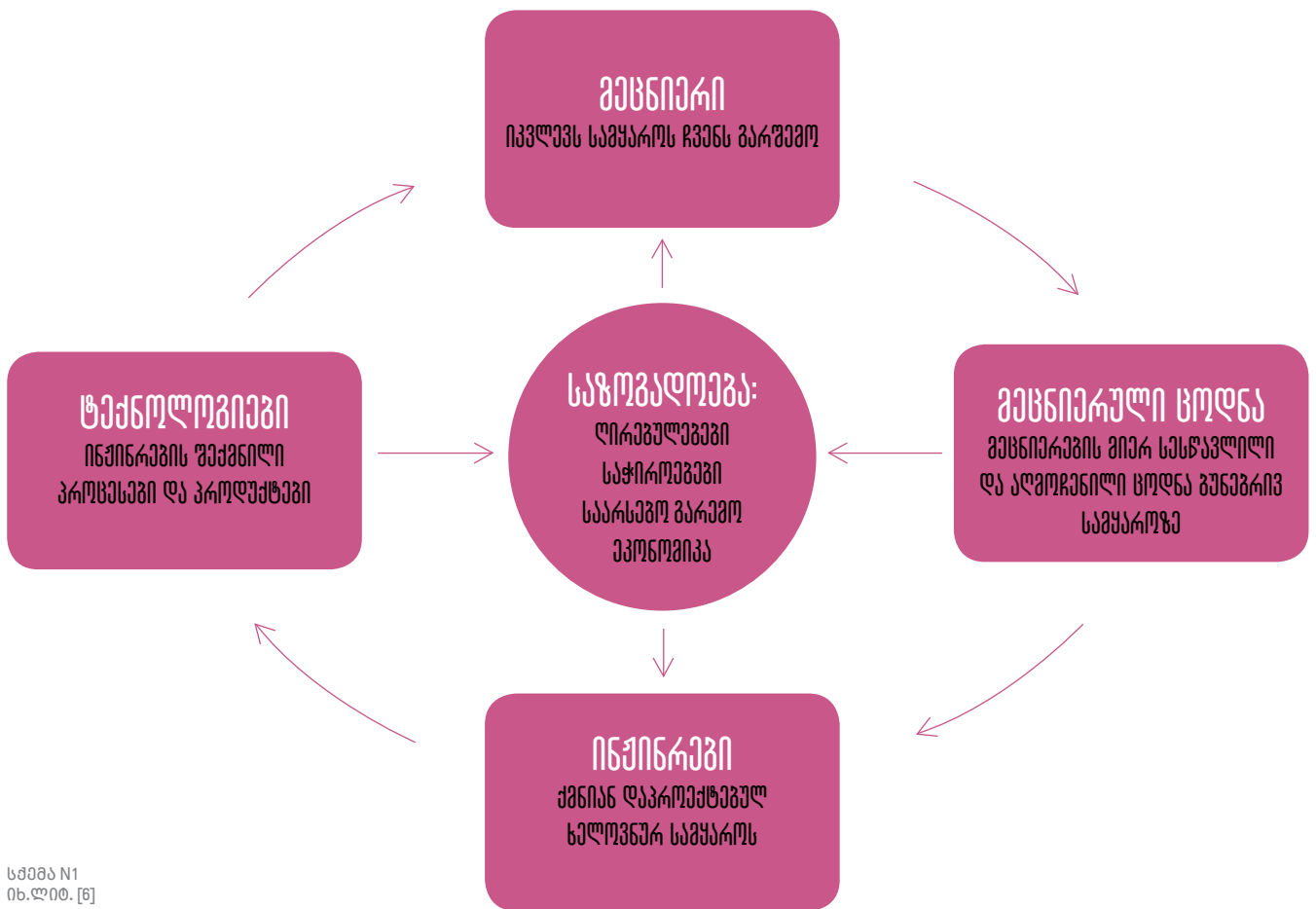
მსოფლიო საზოგადოებისთვის ერთ-ერთი აქტუალური თემაა საყოველთაოდ გავრცელებული ქრონიკული დიაბეტის პრობლემა და პაციენტის ყოველდღიური ცხოვრების ადაპტირება დაავადებასთან. სამწუხაროდ, ბევრ კლასში შეიძლება დიაბეტის პრობლემის მქონე მოსწავლეც კი სწავლობდეს და ეს კიდევ უფრო საჭირობო პროექტზე მუშაობას. წარმოგიდგენთ ამ თემაზე საინტერესო STEM პროექტს, რომელიც ამ თემის სიღრმისეული შესწავლის საკვანძო ნაწილია (იხ. ლიტ. [5]).

თემაზე მუშაობის შედეგად მოსწავლეები ქმნიან ხელოვნური პანკრეასის მოდელს. მუშა-

ობის პროცესი ეხმარება მათ გაიაზრონ რა ტიპის წინააღმდეგობები უნდა დაიძლიოს რეალურ ცხოვრებაში ამ ტიპის ხელსაწყოთა შესაქმნელად. აქტივობა უზიდავს მათ წარმოსახვას, გააგრძელონ მუშაობა პრობლემის რაციონალურ და პრაქტიკულ გადაწყვეტაზე.

მოცემული თემა მოსწავლეებს აძლევს საშუალებას დაფიქრდნენ მომავალ STEM პროფესიებზეც, გაეცნონ ბიოინჟინერიას და პრობლემებს, რომელზეც ეს პროფესია მუშაობს. როგორც დიდი ბიზნესი, მეცნიერები მოიფიქრონ მოწყობილობები, რომლებიც შეძლებენ ადამიანის სისხლში გლუკოზის შემცველობის მუდმივ კონტროლს და ინსულინის დროულ ავტომატურ მიწოდებას. თემაზე მუშაობის პროცესში მოსწავლეები გაიაზრებენ ადამიანის ჰორმონების მოქმედებას და დაფიქრდებიან, როგორ შეიძლება ადამიანის სხეულში მიმდინარე პროცესების მოდელირება ელექტრული წრედების შექმნით, მიკროკონტროლერ არდუინოს გამოყენებით.

მოცემული აქტივობა დაეხმარება მოსწავლეებს გაიაზრონ კავშირი მეცნიერებას, ტექნოლოგიებსა და საზოგადოების მოთხოვნილებებს შორის, დაინახონ საკუთარი პროფესიული პერსპექტივა. (იხ. სქემა N1)



სქემა N1
იხ. ლიბ. [6]

პროექტი მისცემს საშუალებას ბიოლოგიის, ქიმიის, ფიზიკის, მათემატიკის და ისტ-ის მასწავლებლებს შეაჯერონ და სინქრონულად დაგეგმონ სასწავლო მასალის სწავლების აქტივობები. მოდელის

შექმნის პროცესში ყველა საგნის ცოდნის გამოყენება დაეხმარება მოსწავლეებს გაიზიარონ ამ საგნების ცხოვრებისეული მნიშვნელობა.

საგუნდო-მეცნიერული მეცნიერებების ან/და გათვალისწინებული ფინანსის ინტეგრირება სასწავლო პროცესში

წარმოიდგინეთ, რომ თქვენ დიაბეტის წამალს სვამთ ყოველი კვების შემდეგ და იძულებული ხართ გამოიყენოთ წამლის რაოდენობის **მათემატიკური გაანგარიშება**. რაოდენობის გაანგარიშება უნდა ეყრდნობოდეს საკვების შემადგენლობას, თქვენს მდგომარეობას და მომავალ საქმიანობას. სისხლში შაქრის შემცველობის ცვლილებასთან დაკავშირებით მოულოდნელად შეიძლება დაგჭირდეთ წამლის მიღება.

სწორედ ამით არიან დაკავებული დიაბეტის პრობლემის მქონე პირები – დღის განმავლობაში **სხვადასხვა მეთოდებით ზომავენ** სისხლში შაქრის შემცველობას, რომ დაარეგულირონ ის ინსულინის მიღებით.

კარგი იქნება თუ მასწავლებელი, მათემატიკის გაკვეთილზე, მოსწავლეებთან ერთად გაიანგარიშებს მათემატიკური ინსტრუმენტის გამოყენებით, პაციენტის მისაღები ინსულინის პირობით რაოდენობებს.

შესაბამისად მოსწავლეების მიზანი არის შაქრის გაზომვის და ინსულინის მიწოდების ტკვიანი ციფრული სისტემის შექმნა, რომელიც ავტომატურად რეაგირებს სისხლში შაქრის ცვლილებაზე და ძალიან დაეხმარება პაციენტებს. ასეთი სისტემა ადამიანის ხელოვნური პანკრეასის მსგავსი იქნებოდა.

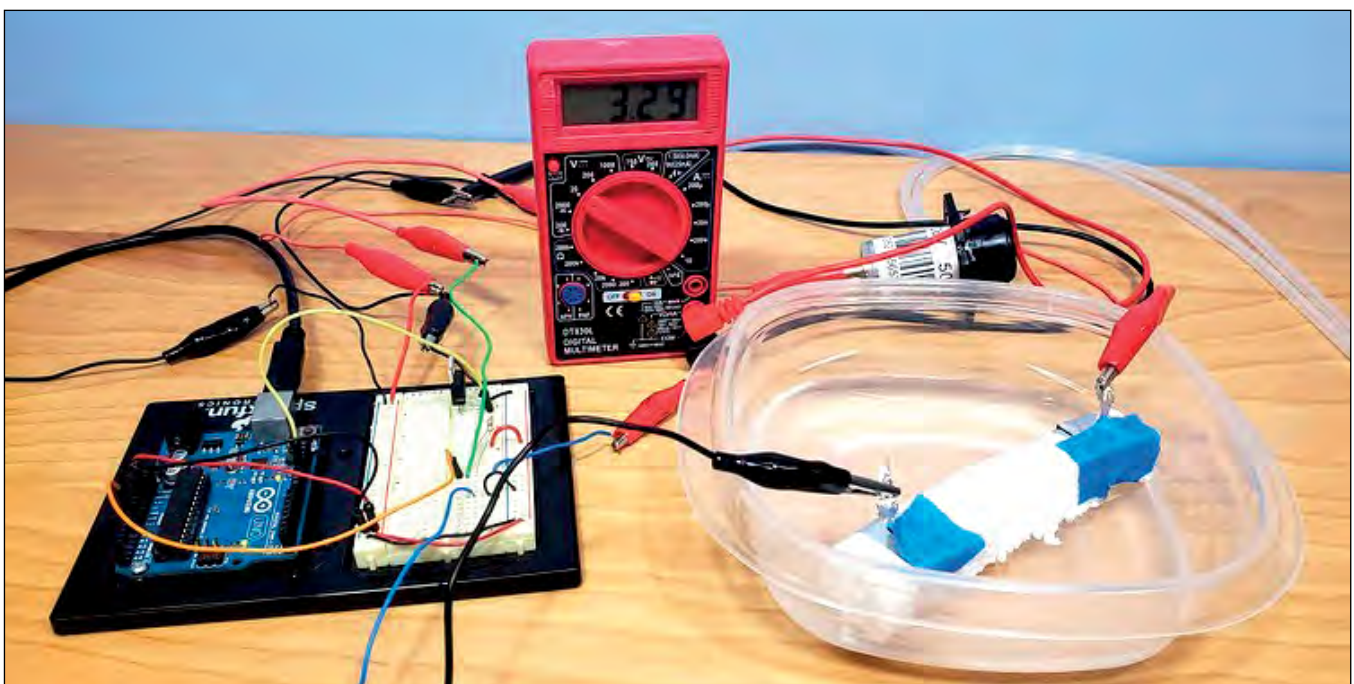
პროექტის განხორციელების პროცესში მოსწავლეებს დასჭირდებათ **ბიოლოგიის ცოდნა**, თუ როგორ მოქმედებს პანკრეასი ჩვენს სისხლში გლუკოზის შემცველობის დასარეგულირებლად და **ფიზიკის ცოდნა** ელ.წრედებისა და ელ.ინჟინერული მოდელების გამოყენებაზე, ასევე **ქიმიის ცოდნა** ხსნარებისა

და ორგანული ნივთიერება გლუკოზის შესახებ. მათ მოუწევთ **დააპროგრამონ მიკროკონტროლერი არდუინო (ისტ)**.

პროექტის იდეაა მოსწავლეებმა შეისწავლონ როგორ მუშაობს ამ ტიპის სისტემა. ამ მიზნით შექმნან წრედი, რომელიც ხელოვნური პანკრეასის მოდელს წარმოადგენს. შესაძლებელია ორი განსხვავებული სითხის გამოყენება (ონკანის წყალი და გამოხდილი წყალი, ინსულინის და სისხლის ნაცვლად). შეიქმნება სამიზნე ნივთიერების ხსნარების შემადგენლობის ავტომატურად მარეგულირებელი სისტემა.

ინჟინერული იდეების განხორციელება და ტექნოლოგიების გამოყენება აქტივობებში/პროექტებში

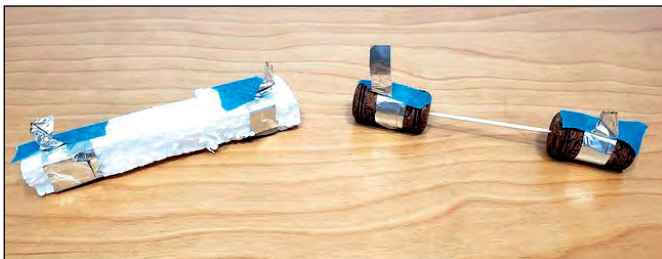
- მოსწავლეები მოდელის შესაქმნელად იყენებენ რესურსებს:
1. არდუინო უნოს მიკროკონტროლერი კაბელით
 2. სამუშაო დაფა, MM ჯამფერები და სადენები „ნიან-გის“ ტიპის საჭერებით
 3. წყლის ტუმბო (შეიძლება ორი დაგვჭირდეს) და N-channel MOSFET ტრანზისტორი
 4. მუდმივი წინაღობა 100 კომი და მულტიმეტრი
 5. საკვების შესანახი კონტეინერები და ალუმინის ფირფიტები
 6. საცობები ან პენოპლასტი, ასევე კბილის ჩხირები
 7. ონკანის წყალი, გამოხდილი წყალი და საკვების საღებავი. ტურჭლის ქაღალდის პირსახოცები



სურათი 2

ჩვენს წერილში განვიხილავთ პროექტის განხორციელების ნაბიჯების ნაწილს STEM მახასიათებლების წარმოსაჩენად. სრულად პროექტი მოიცავს 20 ნაბიჯს, რომლებიც თანმიმდევრულად არის აღწერილი მის გზამკვლევაში (იხ. ლიტ. [5]). ელექტროინჟინრული ელემენტები და მათემატიკური ინსტრუმენტების გამოყენება არის არსებითი განმასხვავებელი STEM სწავლების. განვიხილოთ პროცესის პირველი ნაბიჯები:

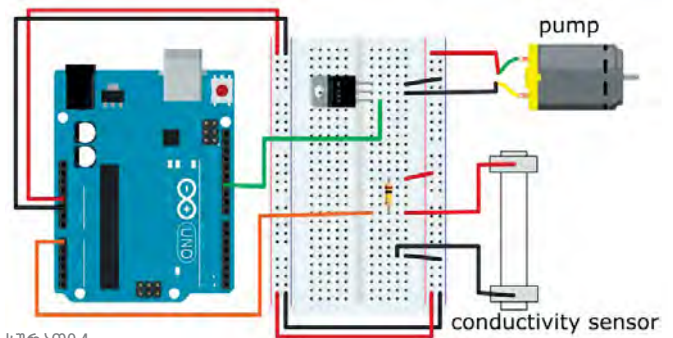
პირველი ნაბიჯი: შექმენით თქვენი ელექტროგამტარობის სენსორი, ალუმინის ორი ფირფიტის და მოტივტივე პენოპლასტის ნაჭრებისგან, შეიძლება კორპის საცობებიც. სენსორი უნდა შეესაბამებოდეს პლასტმასის კონტეინერის ზომას. ალუმინის ფირფიტები კარგად უნდა იყოს ჩაშვებული წყალში, კონტეინერში სითხის დამატებისას, ალუმინის წყალთან შეხების ზედაპირი არ უნდა იცვლებოდეს. ალუმინის ფირფიტებს აქვთ მცირე, ჰაერში ამოშვებული ნაწილი, რომელსაც ემაგრება ელ. სადენის დამჭერი (მარწუხი) (სურ. 4)



სურათი 3

მეორე ნაბიჯი – ელექტრული წრედის აწყობა.

წრედის სქემა მოცემულია სურათზე N5 დარეალური სახით სურათზე N 3. მნიშვნელოვანია გვახსოვდეს – სანამ წრედი და მოდელი სრულად არ არის აწყობილი არ მივუერთოთ Arduino კაბელით კომპიუტერს. მიაქციეთ ყურადღება, რომ დაცული იყოს დამიწებისა და კვების სადენების შეერთების კანონზომიერებები.



სურათი 4

მესამე ნაბიჯი – საინტერესო აქტივობაა მოსწავლეების მიერ შექმნილი სენსორის კალიბრირება. შეავსეთ ერთი კონტეინერი ნახევრამდე გამოხდილი წყლით. ჩადეთ მასში სენსორი. სენსორი აუცილებლად უნდა ტივტივებდეს და არ ეხებოდეს კონტეინერის ფსკერს. დაუმაგრეთ სადენების მარწუხები – ჩართეთ წრედში.

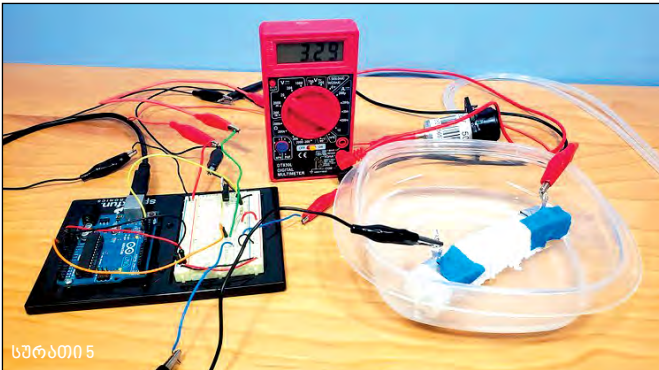
მეოთხე ნაბიჯი (უსაფრთხოება) – წყლის ტუმბო კალიბრირების პროცესში უნდა გამოერთოთ ელექტრული წრედიდან!

მეხუთე ნაბიჯი – არდუინოს ამოქმედება და სენსორის კალიბრაცია. (კალიბრაცია – აღჭურვილობის სამუშაო მონაცემების მისაღება (მაგ.: ინსტრუმენტის მონაცემები) არსებულ სტანდარტთან).

თუ დენის წყაროდ ვიყენებთ კომპიუტერს, მივუერთოთ მას არდუინო. ჯობს არდუინოში წინასწარ არ იყოს ჩაწერილი პროგრამა.

აუცილებლად უნდა გამოთიშული იყოს დენიდან ტუმბო, რომ არდუინომ არ ჩართოს პროგრამა მე-11 პინზე.

კალიბრაციის ორი მეთოდი შეიძლება გამოვიყენოთ. (იხ. ლიტ [5]) –



სურათი 5

პირველი: მიუერთეთ წრედს მულტიმეტრი. დააყენეთ მულტიმეტრი მუდმივი დენის გასაზომად და მიუერთეთ სენსორს, როგორც ნაჩვენებია მე-3 სურათზე. შავი საჭერი დავუკავშიროთ დამიწებას, ხოლო წითელი – სამაკეტო დაფის რიგს, რომელიც არდუინოს ანალოგურ პინს „A0“ უკავშირდება. ჩაიწერეთ დენის მონაცემი და გადააქციეთ ის ANALOGREAD-ის ექვივალენტურ მარცვლებლად: გაყავით 5-ზე და გაამრავლეთ 1023-ზე, შემდეგ დაამრგვალეთ. (მაგალითად: თუ მულტიმეტრი უჩვენებს 4 ვოლტს, მაშინ $4/5 \times 1023 = 818.4$, მონაცემი დამრგვალდება 818-მდე).

მეორე: თუ არ გაქვთ მულტიმეტრი, ჩამოწერეთ კალიბრაციის კოდი თქვენს კომპიუტერში. შემდეგ ჩატვირთეთ არდუინოში. არდუინოს პროგრამაში შეარჩიეთ ინსტრუმენტი Serial Monitor. კოდი

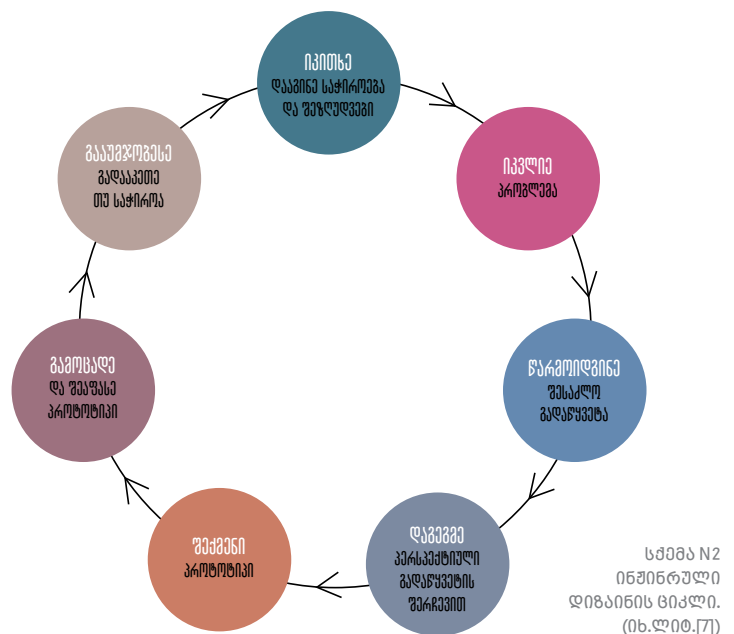
გაჩვენებთ სენსორის მონაცემს კონვერტირებულს ANALOGREAD-ის ექვივალენტურ მარცვლებლად. მონაცემი შეიძლება იცვლებოდეს, თუმცა ამას არ მივაქციოთ ყურადღება და ავიღოთ რამდენიმე წამის საშუალო მარცვლებელი.

მეექვსე ნაბიჯი – კალიბრაცია ნარევის გამოყენებით. გავავსოთ მორე კონტეინერი ნახევრამდე ონკანის წყლით. ჩავაწვით მასში საკვების საღებავი ფერის მისაცემად, ესე ადვილად განვასხვავებთ გამოხდილი წყლისგან. გამოხდილი წყლის კონტეინერიდან ამოღებული სენსორი უნდა გავამშრალოთ ქაღალდის ხელსახოცით და შემდეგ გავიმეოროთ მე-5 ნაბიჯი ონკანის წყლისათვის.

სურათი 6



ქვეყრიმენსტირებაზე და კვლევაზე
ორიენსტირებული აქტივობების ჩატარება;
ციკლური სანაჯლო პროცესის
განმარსხილება, რომლის განმავლობაშიც
მუდმივად ხდება გადაწყვეტილებების
შეფასება, დაშვებულ შეცდომებზე სწავლა
და შედეგების დახვეწა.



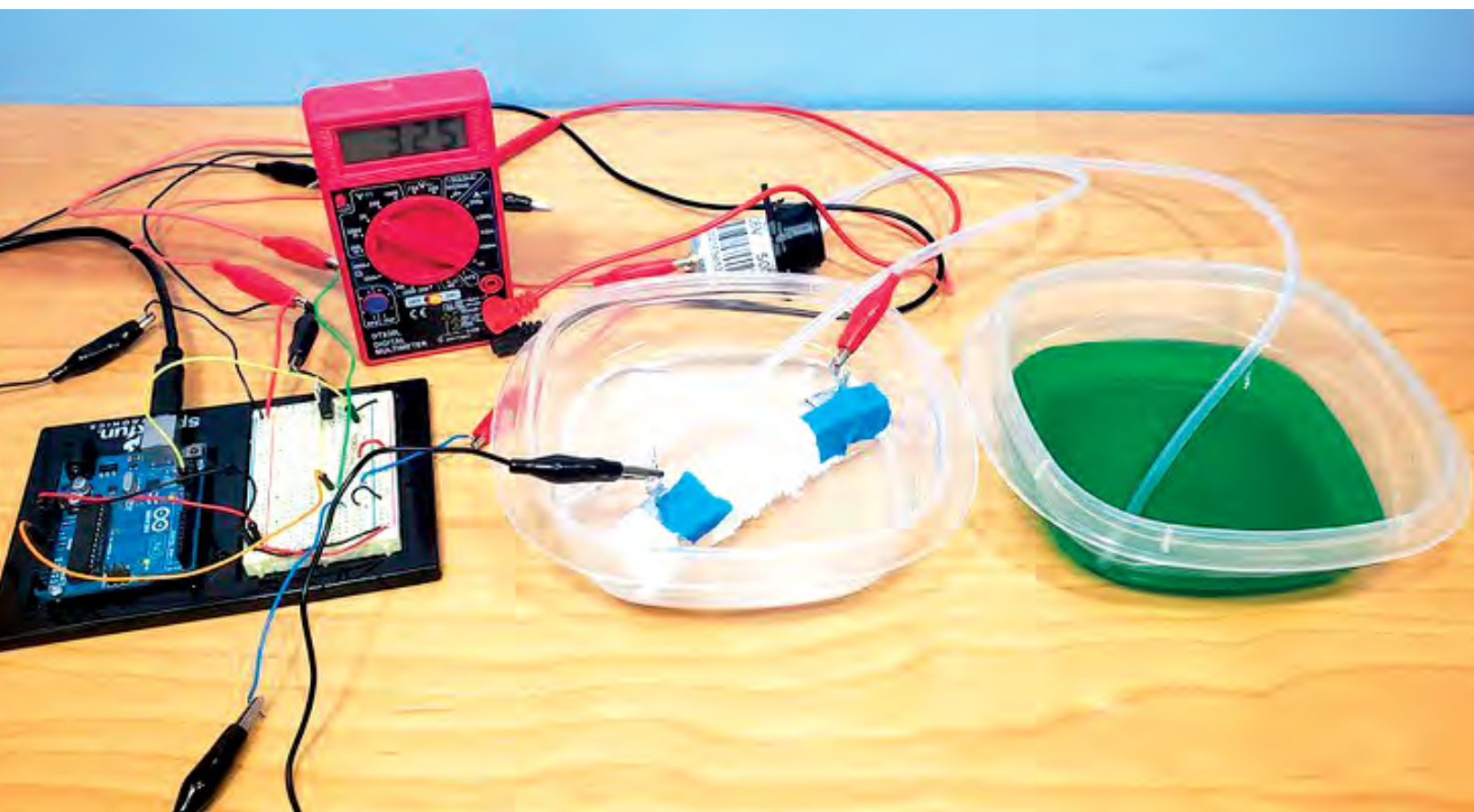
STEM სწავლების საკვანძო ელემენტია მეცნიერული ექსპერიმენტის ჩატარება მოსწავლეების შექმნილი სისტემით და კვლევის ციკლის მოდელირება. პროექტის მე-7 ნაბიჯიდან საინტერესოდ არის წარმოდგენილი კვლევის ციკლი.

მეშვიდე ნაბიჯი – პროექტის ფარგლებში ორ კონტეინერს ავსებენ გამოხდილი და ონკანის წყლით, რომელიც შეფერილია საკვები დანამატით. სისტემის კალიბრირების დროს მიღებული ჩვენებები მულტიმეტრზე ან არდუინოზე გვიჩვენებს პირობითათ „სისხლში შაქრის რაოდენობის: მინიმუმს და მაქსიმუმს. ეს იყო 0-დან 5-ვოლტამდე მულტიმეტრზე და ციფრი 0-დან 1023-მდე ანალოგიურ მკითხველზე. მაღლი მაჩვენებლი აქვს გამოხდილ წყალს და დაბალი კი სუფთა ონკანის წყალს. როდესაც ეს ორი სითხე ირევა მაჩვენებელი ამ ორ უკიდურეს შედეგს შორის ვარიირებს.

პროექტის მიზანია შექმნას ისეთი სისტემა, რომელიც გამოხდილ წყალში ონკანის წყლის დამატების შემდეგ, სენსორის შუალედურ მაჩვენებელზე გამოერთვას მიწოდების ტუმბოს და დაარეგულირებს „სისხლში შაქრის“ პირობით მაჩვენებელს. უნდა გვახსოვდეს, რომ ელ.ინჟინერული მოდელები სწრაფად და მყისიერად რეაგირებენ მაჩვენებლის ცვლილებაზე, ორგანიზმში ასეთ პროცესებს მეტი დრო სჭირდებათ.

პროექტის ბიჯობრივი აღწერა დაეხმარება მასწავლებელს და მოსწავლეებს გამართონ მოდელირებული სისტემა (იხ.ლიტ. [5]). ნაბიჯები – 8-12. პროცესზე დაკვირვების შედეგად პასუხი გავცეთ ორ კითხვას:

- ითიშება თუ არა ტუმბო, როცა მაჩვენებელი მიაღწევს ჩვენს დადგენილ პროგრამულ ზღვარს?
- იცვლება მაჩვენებელი მას შემდეგ რაც ტუმბო გაითიშა?



ექსპერიმენტების წარმატებით დასრულების შემდეგ აუცილებლად შევინახოთ არდუინოს კოდი, ჩვენი შემდეგი ნაბიჯები მის გაუმჯობესებასთან არის დაკავშირებული.

საინტერესო არის მოსწავლეებისათვის კვლევის შედეგების დამუშავება მათემატიკური აპარატით. პროექტზე მუშაობის დროს მიღებული მონაცემები გადავიტანოთ EXCEL პროგრამაში ისე, რომ ერთ სვეტში მოჩანდეს ტუმბოს რეაგირების დრო ხსნარის შემადგენლობის ცვლილებაზე და მეორე სვეტში ეკრანზე მიცემული ერთეულები (ანალოგიური მონაცემები). **სენსორის მონაცემები დავიტანოთ Y ღერძზე და დრო X ღერძზე. მონაცემების ანალიზის შედეგად პასუხი გავცეთ სამ კითხვას:**

1. რამდენად სწრაფად აღწევს თქვენი სენსორის მაჩვენებელი დადგენილ ზღვარს ტუმბოს ჩართვის შემდეგ?
2. სენსორის მაჩვენებელი არ აჭარბებს დადგენილ ზღვარს თუ ცდება მას?
3. რა მაჩვენებელზე სტაბილიზდება სენსორის მონაცემები?

პროექტის დასკვნით ნაწილში (მე-17 და მე-20 ნაბიჯები) დროა გამოვიყენოთ **ინჟინრული დიზაინის** (სქემა N 2) უწყვეტი პროცესის მიდგომა და ვეცადოთ გავაუმჯობესოთ მოდელის მუშაობა.

დაუკვირდით არდუინოს კოდს და დაფიქრდით მის გაუმჯობესების გზებზე. როგორ შეიძლება დავადგინოთ ზღვრული დონე უფრო სწრაფად, ნაკლები გადაჭარბების გარეშე? ეს ღია პრობლემაა, რომლის გადასაჭრელად რამდენიმე საინტერესო გადაწყვეტა და ვარიანტი შეიძლება გამოჩნდეს:

1. შეგიძლიათ აკონტროლოთ ტუმბოს სიჩქარე analogWrite ბრძანების გამოყენებით. analogWrite იღებს მნიშვნელობას 0-255 შორის, რომელიც შე-

ესაბამება ტუმბოს სიჩქარეს (მაგ., 0 გამორთულია, 127 არის დაახლოებით ნახევარი სიჩქარე და 255 არის სრული სიჩქარე). რა მოხდება, თუ ტუმბოს უფრო დაბალი სიჩქარით მართავთ?

2. შეგიძლიათ სცადოთ სხვა ტიპის უკუკავშირის კონტროლი, ძირითადი ჩართვა/გამორთვის კონტროლის ნაცვლად. მაგალითად, მუდმივი სიჩქარით გაშვების ნაცვლად, პროპორციული კონტროლერი ცვლის ტუმბოს სიჩქარეს გაზომვის შეცდომის საფუძველზე, ან განსხვავება სამიზნე სენსორის წაკითხვასა და სენსორის რეალურ წაკითხვას შორის. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, როდესაც შეცდომა დიდია (ფაქტობრივი მაჩვენებელი ძალიან შორს არის სამიზნე წაკითხვისგან), ტუმბო უფრო სწრაფად იმუშავებს. როგორც შეცდომა მცირდება, ტუმბო დაიწყებს შენელებას.

შეეცადეთ დაარედაქტიროთ არდუინოს კოდი და გამოცადოთ მოდელი. ტესტებს შორის კონტეინერები უნდა გავამშრალოთ და დავიწყოთ აუცილებლად გამოხდილი წყლით.

მიღებული მონაცემები შევადაროთ წინა ექსპერიმენტების ციკლს, ნახეთ სად ხდება მონაცემების დამთხვევა ან მიმსგავსება.

გახსოვდეთ, რომ თქვენი სისტემა არის ხელოვნური პანკრეასის მოდელი, სადაც სენსორის მაჩვენებელი (ძაბვა) წარმოადგენს სისხლში გლუკოზის დონეს. გაეცანით დიაბეტის შესახებ სასწავლო რესურსებში (იხ. ლიტ. [5][8][9]) მოცემულ ინფორმაციას და გამართეთ დისკუსია კითხვების გარშემო:

1. რა უნდა გაითვალისწინოთ ნამდვილი ხელოვნური პანკრეასის შექმნისას?
2. რა სახის პასუხი (ძაბვის ფორმა და დროის გრაფიკი) იქნება იდეალური დიაბეტის მქონე ადამიანისთვის?

3. რა განსხვავებებია ინსულინის მუშაობაში (და რამდენი ხანი სჭირდება) თქვენს მოდელთან შედარებით?
4. რა გამოწვევებს ქმნის ეს განსხვავებები?
5. თქვენი მოდელი რთავს და გამორთავს ინსულინს, მაგრამ რა მოხდება, თუ სისხლში გლუკოზის დონე ძალიან დაბალი იქნება (გადატარება) და/ან კვლავ იკლებს?
6. როგორ შეუძლია ხელოვნური პანკრეასის მოგვარება?

- მოსწავლეზე ორიენტირებული მიდგომების გამოყენება და მამოტივირებელი სასწავლო გარემოს შექმნა, სადაც მოსწავლე აქტიური შემსწავლელია გუნდური მუშაობა

STEM სწავლება ამ ორ პრინციპზე დგას. ერთ-ერთი სასწავლო მიდგომა, რომელიც დაგეხმარება ამ პრინციპების განხორციელებაში არის მაღალი ეფექტის მქონე სასწავლო სტრატეგიების შერწყმა 5E მოდელთან.

ჩართულობა/ თანამონაწილეობა	კვლევა	ახსნა	დამატებითი გააზრება	შეფასება
აქტივობები, რომლებიც იბრწყობს მოსწავლეთა ყურადღებას, ასტიმულირებს ფიქრს და ეხმარება წინარე ცოდნის გააქტიურებაში. კითხვები: როგორ? რატომ?	აძლევს საშუალებას მოსწავლეებს იკვლიონ იდეები ინდივიდუალურად და ჯგუფებში. აძლევს დროს დაფიქრების, დაგეგმვის და გამოძიების, ინფორმაციის ორგანიზების	მოსწავლეებს აქვთ შესაძლებლობა საკუთარი წინარე გამოცდილება გამოიყენონ და გაიაზრონ მოცემული შესასწავლი თემის საკვანძო იდეები	მოსწავლეები იყენებენ ან არგებენ ადრე ნასწავლ კონცეპტებს ახალ სიტუაციებს, იყენებენ ცოდნას ახალი უნარების შესაძენად	მოსწავლეები მასწავლებლებთან ერთად განიხილავენ და აფასებენ ნასწავლს, მსჯელობენ როგორ ისწავლეს და გაიაზრეს. შემაჯამებელი შეფასება
„მედაპირული“ სწავლების სტრატეგიები	„მედაპირული“ სწავლების სტრატეგიები	სიღრმისეული სწავლების სტრატეგიები	ტრანსფერული სწავლების სტრატეგიები	ტრანსფერული სწავლება ან ძირითადი სტრატეგია
მასწავლებელი ქმნის პრობლემურ სიტუაციას ან რთავს მოსწავლეს კვლევით აქტივობაში. ჯგოს მეთოდი სცენარიან აქტივობაში. სცენარი ითხოვს ახალი ინფორმაციის კვლევას და ჯგუფში გაზიარება აუცილებელია	მოსწავლეები მუშაობენ შეგროვებული ინფორმაციის ორგანიზებაზე, დამოუკიდებლად ან გუნდში. ისინი ირჩევენ სხვადასხვა სტრატეგიებიდან როგორც არის modality affect შინაარსის ორგანიზება ტექსტური, ვიზუალური და აუდიო ფორმით. ცნებები და კონცეფტური რუკები.	სიღრმისეული სწავლება გულისხმობს კავშირების აღმოჩენას ცნებების შიგნით და მათ შორის. იყენებენ კონცეპტურ რუკას რომ იერარქიულად წარმოადგინონ ინფორმაცია. მათი შექმნილი რუკები განვითარებადი.	მოსწავლეები ჩამოაყალიბებენ რეალური პრობლემის გადაწყვეტილებას, რომელიც მოიცავს მათ ცოდნას. ურთიერთობენ სხვადასხვა მედია ფორმებით, თანამშრომლობენ. ცოდნის ტრანსფერის პერსპექტივა. პრობლემაზე დაფუძნებული სწავლება. მომსახურების კონცეფციის გამოყენება.	შეფასების გასაღები მოსწავლის რეფლექსია და შეფასებაა? ეს კავშირები ისევე როგორც საფუძვლიანი სტრატეგია და უკუკავშირი, და თვითშეფასება ქულებით. ეს ეხმარება მოსწავლეს თავად გაიაზროს და შეაფასოს საკუთარი ნაშრომი. ორივე წახალისებს მოსწავლეს აიღოს პასუხისმგებლობა საკუთარი სწავლის ძალისხმევაზე.

იმედი გვაქვს წერილში მოყვანილი მაგალითები დაეხმარება ჩვენს კოლეგებს SETM აქტივობების და პროექტების განხორციელებაში.

ლიტერატურა:

1. https://www.researchgate.net/publication/274100699_Hands-on_Activity_as_a_Source_of_Motivational_Effectiveness_of_Learning_Tasks_in_Science_Education
2. <file:///C:/Users/acer/Desktop/education-12-00412.pdf>
3. <https://diser.springeropen.com/articles/10.1186/s43031-020-00029-0>
4. STEM – გუმინ, დღეს, ხვალ. მაია ზიზიბაძე. STEM განათლება N1.2022
5. Dealing with Diabetes: The Road to Developing an Artificial Pancreas. https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/HumBio_p040/human-biology-health/developing-an-artificial-pancreas
6. STEM in Science Classrooms. Adapted from Matthew Vick ASCD Express The Four Cs of Next Generation Science Standards, Generation STEM, January 2014.
7. <https://www.teachengineering.org/populartopics/designprocess>
8. ხანის აკადემიის თავი – ჰომეოსტაზი. <https://ka.khanacademy.org/science/biology/principles-of-physiology/body-structure-and-homeostasis/a/homeostasis>
9. ბიოლოგია. VIII-IX კლ. ელ.სახელმძღვანელო: <https://ck12.edu.ge/maswavleblebi/tinatin-zardiashvili/biologia-viii-ix/>
10. <https://blog.tcea.org/blending-high-effect-instructional-strategies-with-the-5e-model/>

სმარტ სკიდოგეზირი



მარიამ მაგანაშვილი

განათლების და მეცნერების
სამინისტროს ზოგადი
განათლების რეფორმის
STEM მიმართულების
საგნობრივი ექსპერტი

დაახლოებით ერთი საუკუნეა, მსოფლიო ეკონომიკა არნახული ტემპით იცვლება. ავტომატიზაციისა და ტექნოლოგიური წინსვლის გავლენით, ბევრი პროფესია ქრება და მათ ადგილზე ახალი ჩნდება. თუ ადრე ბუნებრივი რესურსები იყო გადამწყვეტი ქვეყნის ეკონომიკური ძლიერებისათვის, ახლა ტექნოლოგიების შემქმნელი ქვეყნები არიან ეკონომიკურად ყველაზე განვითარებული და ინტელექტუალურ ძალასაც ბრძიან ამ მიმართულებით. ამიტომ გასაკვირი არ არის, რომ განვითარებულ ქვეყნებში STEM სწავლებას განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა.

STEM-ის სწავლების მიდგომაა, რომელიც 4 ძირითადი მიმართულების – საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, ტექნოლოგიის, ინჟინერიისა და მათემატიკის – ინტეგრირებულ სწავლებას გულისხმობს. ამგვარი სწავლება მოსწავლეებში ავითარებს ისეთ უნარებს, როგორიცაა:

- კრეატიულობა
- კრიტიკული ანალიზი
- გუნდური მუშაობა
- დამოუკიდებელი აზროვნება

- ინიციატივა
- კომუნიკაცია
- ციფრული წიგნიერება

ეს ის უნარებია, რომელიც აუცილებელია ოცდამეერთე საუკუნის მოქალაქისთვის.

STEM სწავლებით გამომუშავებული უნარები მოსწავლეებს ეხმარება სასკოლო და სკოლის შემდგომ ეტაპებზე წარმატების მიღწევასა და ზემოხსენებულ ცვლილებებთან ადაპტაციაში.

მიუხედავად იმისა, რომ ტექნოლოგიები ჩვენ გარშემო ძალიან სწრაფად ვითარდება, ჩვენი ქვეყანა ამ კუთხით ჯერ კიდევ მხოლოდ მომხმარებლის პასიურ როლშია. ჩვენ აქტიურად ვიყენებთ ტექნოლოგიურ პროდუქტს, თუმცა არც კი ვფიქრობთ, რას ემყარება მისი მუშაობის პრინციპი, არც კი ვცდილობთ გავიგოთ და ბავშვიც დავაფიქროთ ამ პროცესებზე ან დავანახოთ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების როლი ასეთი ხელსაწყოების შექმნისა და მოქმედების არსში.

სწავლების პროცესში ბავშვები ხშირად სვამენ კითხვას – რატომ უნდა ვისწავლო ესა თუ ის საგანი ან საკითხი? ამ კითხვაზე პასუხს ყველაზე კარგად გაცემს STEM სწავლების და, შესაბამისად, STEM

პროექტების დანერგვა მოსწავლეებთან საგაკვეთილო თუ საკლუბო მუშაობის პროცესში.

ერთ-ერთი კარგი მაგალითია STEM პროექტი „სპიდომეტრი“, რომელიც წარმატებით დაინერგა მოსწავლეებთან რუსიის ინოვაციების ცენტრში და ასეთივე წარმატებით შეიძლება დაინერგოს სკოლებში.

ნებისმიერი აქტივობის წარმატებით განხორციელებისთვის, მნიშვნელოვანი პირობაა, საინტერესოდ მივაწოდოთ მოსწავლეებს ინფორმაცია ამ აქტივობის შესახებ. ასევე მნიშვნელოვანია, გავითვალისწინოთ თუ რა ცოდნას და უნარებს შეიძენს მოსწავლე ამ აქტივობის განხორციელების პროცესში, როგორ შეძლებს წინარე ცოდნის თავმოყრასა და გამოყენებას პროექტის შექმნის დროს. გასათვალისწინებელია ასევე ის, თუ რომელი საგნები ინტეგრირდება დარაგრძელვადიანი მიზნების ჩამოყალიბებას უზრუნველყოფს ეს აქტივობა.

პროექტი „სპიდომეტრი“ სამი საგნის – ფიზიკის, მათემატიკისა და კომპიუტერული ტექნოლოგიების ინტეგრაციას უწყობს ხელს. ამ პროექტის საშუალებით მოსწავლე ხედავს, როგორ გამოიყენოს სხვადასხვა საგანში შეძენილი ცოდნა ერთი კონკრეტული მიზნისათვის.

პროექტის შესახებ ინფორმაცია მოსწავლეებს მიეწოდებათ მოსწავლისთვის შექმნილი ბარათით, სადაც პრობლემა, რომლის გადაჭრასაც ემსახურება STEM პროექტი, საკმაოდ საინტერესოდაა წარმოდგენილი (იხ. სურ. 1). ბარათზე დატანილია: პროექტის საკვანძო კითხვა; შეფასების კრიტერიუმები, რომლებზე პასუხიც რამდენიმე სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას უწყობს ხელს; იმსაკითხების ჩამონათვალი, რომელსაც შეისწავლიან ამ პროექტის განხორციელების პროცესში; რესურსები, რომლებიც უნდა გამოიყენოს მოსწავლემ პროექტის პროდუქტის – სპიდომეტრის შესაქმნელად.

სურ. 1. მოსწავლის ბარათი:

[illegible]

მასწავლებლებისთვის შექმნილია ჩარჩო-რეკონაწილი, რომელშიც დეტალურადაა აღწერილი მენდაცია, სადაც გამოყოფილია თითოეული საგნის პროექტის განხორციელების ყოველი ეტაპი.

ჩარჩო-რეკომენდაცია

საგანთაშორის პაპუჩი

ფიზიკა // საკითხები:	მათემატიკა // საკითხები:	კომპიუტერული ტექნოლოგიები // საკითხები:
თანაბარი მოძრაობა, აჩქარებული მოძრაობა, მრუდწირული მოძრაობა	წრეწირი, წრეწირის სიგრძე	ალგორითმი და ალგორითმის შემუშავება, პროგრამული ენა, პროგრამის ქცევის პროგნოზირება

საგანი – ფიზიკა	სამიზნე სწავლა / გვერდი წარმოდგენა	შუასაშუალო კრიტერიუმები
სტანდარტიდან შედეგები: (ფიზ. საბ. 1, 2, 3, 6);	სამიზნე ცნება: ფიზიკური პროცესი მკვიდრი წარმოდგენა: ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობის აღსაწერად, მეცნიერები ამ მოვლენების შესაბამის ფიზიკურ პროცესებს იკვლევენ. თითოეული პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომელთა ურთიერთდაკავშირებითაც შესაძლებელია ამ პროცესის აღწერა.	შეფასების კრიტერიუმი: ■ მოძრაობის მახასიათებელი რომელი სიდიდეების გათვალისწინება დაგჭირდება სპიდომეტრის შესაქმნელად. ■ როგორ დავუკავშიროთ ველოსიპედის ბორბლის ერთი სრული ბრუნის დროს განვლილი მანძილი მოძრაობის დროს განვლილ მანძილს. ■ როგორ განვსაზღვროთ და ყველაზე მოსახერხებელი ფორმით როგორ წარმოვადგინოთ გავლილი მანძილის დამოკიდებულება დროზე? ■ რომელი სიდიდეების კვლევაში დაგვეხმარება არსებული ხელსაწყო?

საგანი – ფიზიკა	საშენი სხეულები / გეომეტრიული ფიგურები	შეფასების კრიტერიუმი
საგანი – მათემატიკა	სამიზნე ცნება: გეომეტრიული ფიგურები	შეფასების კრიტერიუმი: ■ როგორ განვსაზღვროთ ბორბლის ერთი სრული ბრუნის დროს განვლილი მანძილი?
საგანი – კომპიუტერული ტექნოლოგიები	სამიზნე ცნება: ალგორითმი და ალგორითმის შემუშავება; პროგრამული ენა;	შეფასების კრიტერიუმი: ■ არსებული მონაცემებით როგორ გამოვთვალოთ ველოსიპედის მყისი სიჩქარე, საშუალო სიჩქარე.

დამატებითი რეკომენდაციები:

- პროგრამული კოდის ელემენტების შესწავლა;
- მიკროკონტროლერის Arduinos მუშაობის პრინციპის შესწავლა

შპაპი 1.

მასწავლებელი ბავშვების წინაშე აყენებს

პრობლემას:

როგორ შევქმნა სპიდომეტრის აწყობის ინსტრუქცია;

როგორ წარმოვაჩინო, ჩვენ მიერ შექმნილი სპიდომეტრის საშუალებით, ფიზიკური სიდიდეებს შორის კავშირი;

ელექტროკომპონენტებისა და პროგრამირების დახმარებით, ვაჩვენო სპიდომეტრის მუშაობის პრინციპი.

დამხმარე რესურსი:

ფიზიკის დრო – სიჩქარის და აჩქარების განსაზღვრა სტრობოსკოპული მეთოდით #ტელესკოლა – 1TV

ფიზიკის დრო – მრუდწირული მოძრაობა #ტელესკოლა – 1TV

ფიზიკის დრო – კინემატიკა: წრფივი თანაბარი მოძრაობა #ტელესკოლა – 1TV

ფიზიკის დრო – კინემატიკა: წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა (ნაწილი I) #ტელესკოლა – 1TV

- მოძრაობის მახასიათებელი რომელი სიდიდეების გათვალისწინება დაგვჭირდება?

მოსწავლეებს შევახსენებთ მოძრაობის მახასიათებელ სიდიდეებს შემდეგი კითხვების საშუალებით:

- როგორ გამოითვლით, თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას, სხეულის მიერ გავლილ მანძილს?
- რა მახასიათებლებზეა დამოკიდებული სხეულის მიერ გავლილი მანძილი, თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას?
- რა არის მყისი სიჩქარე?

რას გვიჩვენებს სპიდომეტრი?

შპაპი 2. (მათემატიკა-ფიზიკა)

როგორ განვსაზღვროთ ბორბლის ერთი სრული ბრუნის დროს განვლილი მანძილი?

როგორ განვსაზღვროთ და ყველაზე მოსახერხებელი ფორმით წარმოვადგინოთ გავლილი მანძილის დამოკიდებულება დროზე.

საკითხები მათემატიკიდან:

თანაბარი მოძრაობა წრეწირზე. წრეწირზე მოძრაობა, პერიოდი, სიხშირე.

დამხმარე რესურსები:

(63) ფიზიკის დრო – მრუდწირული მოძრაობა – 24 აპრილი, 2020 #ტელესკოლა – YouTube

(63) მოძრაობა წრეწირზე – YouTube

(63) გაკვეთილი #5. წრეწირზე თანაბარი მოძრაობა, ბრუნვის პერიოდი, სიხშირე – YouTube

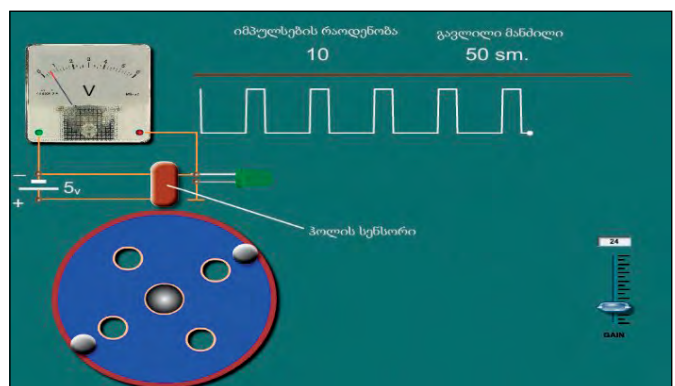
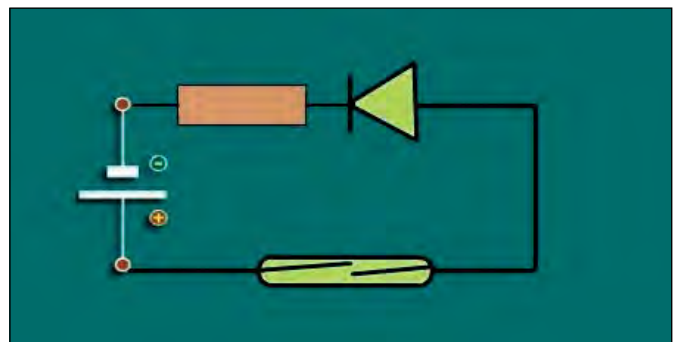
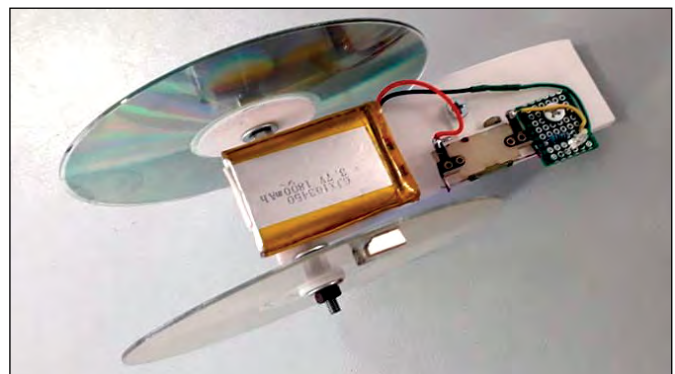
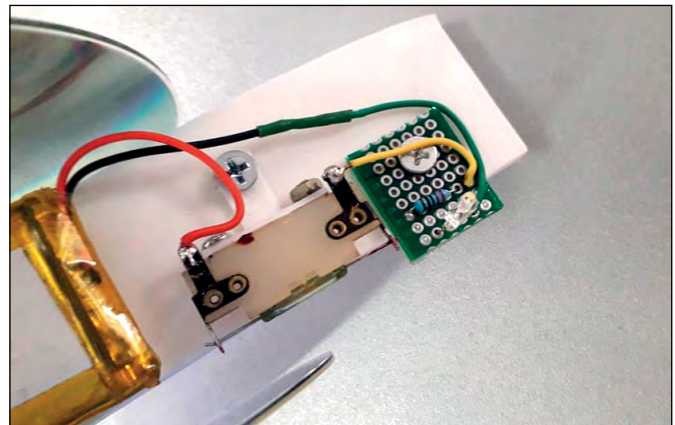
ცოდნის კონსტრუირებაზე ორიენტირებული კითხვები:

- როგორ მოძრაობას ეწოდება მრუდწირული მოძრაობა?
- რა არის ბრუნვის პერიოდი და სიხშირე?
- როგორ მოძრაობას ასრულებს ბორბალი?
- როგორ გამოითვლება წირითი სიჩქარე?
- როგორი მოძრაობაა წრეწირზე მოძრაობა?
- საით არის მიმართული წრეწირზე მოძრაობის სიჩქარე? აჩქარება?

უშაპი ვ. ლაგოზაშვილი მოდული

როგორ განვსაზღვროთ და ყველაზე მოსახერხებელი ფორმით წარმოვადგინოთ გავლილი მანძილის დამოკიდებულება დროზე.

დავამზადოთ მარტივი მოწყობილობა, რომლისთვისაც საჭიროა: ორი კომპაქტდისკი, ჰერმეტიკული კონტაქტი, შუქ-დიოდი, კვების წყარო.



პრინციპიალური სქემა:

ჰერმეტიკული კონტაქტის აღწერა:

ჰერმეტიკული კონტაქტი არის მაგნიტური კონტაქტი, რომელიც დეფორმაციას განიცდის მაგნიტურ

ველში. ის არის დახურული კონტაქტი და დაცულია გარე პირობებისგან (წვიმა, მტვერი, ნესტი, ნალექი). გამოიყენება დაცვის სისტემებში.

ბორბლის ჩარჩოზე დავამაგრეთ მაგნიტური კონტაქტი, შუქ-დიოდი, დავაწებეთ ბორბალზე მაგნიტი. მაგნიტის მიახლოებისას, მაგნიტური ველის გავლენით იკვრება კონტაქტი, რაც იწვევს წრედში დენის გავლას, რის შედეგადაც ინთება შუქ-დიოდი.



შუქ-დიოდის თითოეული ანთება შეიძლება გავაიგივოთ ბორბლის ერთი სრული ბრუნის შესრულებასთან. გავლილი მანძილი შეიძლება რამდენიმე ხერხით გამოვთვალოთ:

1. გავზომოთ დისკის გარშემოწერილობა;
2. გავზომოთ დისკის დიამეტრი და გავამრავლოთ π -ზე;
3. გავზომოთ დისკის რადიუსი და გავამრავლოთ 2π -ზე;

თუ ბრუნთა რიცხვს გავამრავლებთ წრეწირის სიგრძეზე, მივიღებთ გავლილ მანძილს.

რაც შეეხება სიჩქარის გამოთვლას, გავლილ მანძილს გავყოფთ მოძრაობის დროზე.

კვლევისათვის შეგვიძლია გამოვიყენოთ წამმ-ბომი ან გადავიღოთ ვიდეო და დავითვალოთ ბრუნვათა რიცხვი, გამოვთვალოთ გავლილი მანძილი და გავყოთ მოძრაობის დროზე.

უბაჟი 4.

- არსებული მონაცემებით როგორ გამოვთვალოთ ველოსიპედის მყისი სიჩქარე, საშუალო სიჩქარე.

გავლილი მანძილის გამოსათვლელად უნდა გამოვიყენოთ ველოსიპედის ბორბლის 1 სრული შემობრუნება; ამისათვის, პირველ რიგში, საჭიროა დავადგინოთ ბორბლის გარშემოწერილობა (ანუ წრეწირის სიგრძე). მათემატიკიდან გავიხსენოთ თუ როგორ გამოითვლება წრეწირის სიგრძე: წრეწირის სიგრძის გამოთვლა ხდება ველოსიპედის ბორბლის დიამეტრის გაზომვით, რადიუსის გაზომვით ან საზომი ლენტით პირდაპირი გაზომვით.

ჩვენ ვარჩიეთ, დიამეტრის გაზომვით დავგვედგინა ბორბლის გარშემოწერილობა. როგორც ვიცით, წრეწირის სიგრძე $L = \pi \cdot d$. შემდგომ, მათემატიკური ფორმულის გამოყენებით, ბორბლის დიამეტრს გავამრავლებთ 3.14-ზე და მივიღებთ 1 სრული ბრუნის დროს გავლილ მანძილს. ამ უკანასკნელს გავამრავლებთ იმპულსების რაოდენობაზე, რომელიც ჰერკონის ყოველი შეკვრისას წარმოიქმნება.



დამხმარე რესურსები:

რესურსები: geogebra-ში შექმნილი სიმულაცია

სიმულაცია: იმპულსების დათვლა

უბაჟი 5. მოწაშის ინსტრუმენტი:

აქტივობა: რეალური სპიდომეტრის დამზადება ველოსიპედისთვის.

რესურსი: მიკროკონტროლერი Arduino, ჰერმეტიკი კონტაქტი, სადენები, თხევადკრისტალური ეკრანი, მაგნიტი.

ველოსიპედის უკანა ბორბლის ჩარჩოზე დავამაგრეთ მაგნიტური კონტაქტი და ამასთან, დავაწებეთ უკანა ბორბალზე მაგნიტი. მაგნიტის მიახლოებისას, მაგნიტური ველის გავლენით იკვრება კონტაქტის ორი ბოლო, რაც იწვევს წრედში დენის გავლას. წარმოშობილი ძაბვის იმპულსი მიეწოდება მიკროკონტროლერს Arduino.

მიკროკონტროლერზე ერთდება მონიტორი, რომელზეც გამოისახება ველოსიპედის მიერ განვითარებული სიჩქარე, გავლილი მანძილი და საშუალო სიჩქარე.



უზაიი ნ. კომპიუტერული ტექნოლოგიები

- პროგრამულ კოდში ცვლადი სიდიდეების განსაზღვრა;
- ალგორითმის შემუშავება;
- მუდმივი სიდიდეების განსაზღვრა;
- მათემატიკური და ფიზიკური ფორმულების შეტანა კოდში.

პროგრამული კოდი არდუინოსთვის: პროგრამული კოდი

აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული პროექტი მოსწავლეებმა წარმოადგინეს მასწავლებლის სახლის ვებინარზე, სადაც თანატოლებს, მასწავლებლის სახლის ექსპერტებს და სკოლის პედაგოგებს გაუზიარეს პროექტის შექმნის პროცესში მიღებული გამოცდილება.

ვებინარის ბმული:

https://fb.watch/ddKfl_WoUA/





რამი ნახიძე

შუახვევის მუნიციპალიტეტის
სოფელ მაწყვალთის საჯარო
სკოლის მათემატიკის მენტორი
მასწავლებელი

საათის დაგეგმვა პროგრამაში GEOGEBRA

მაინც რა ცვლის სამყაროს? რა ნაბიჯები განაპირობებს რეალურ პროგრესს? თუ ამ შეკითხვას დავუსვამთ ჩვენს თანამედროვეებს, უმეტესობა, ალბათ, დაასახელებს ინტერნეტის შექმნას, საძიებო სისტემების (როგორიცაა, მაგალითად, google) მუშაობის ალგორითმების გამოგონებას, კოსმოსური ტელესკოპის ორბიტაზე გაშვებას, ხელოვნური ინტელექტის შემუშავებას, კვანტური გამოთვლების რეალიზაციას.

ეჭვი, ალბათ, არავის ეპარება, რომ ამ ყველაფრის უკან ტიტანური შრომა და უაღრესად საინტერესო და რთული მეცნიერული თეორიები დგას. აი მე-16 საუკუნეში შვეიცარიასა და გერმანიაში ანალოგიურ შეკითხვაზე პასუხად უთუოდ დაასახელებდნენ (ყოველ შემთხვევაში, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მოვლენად მაინც დაასახელებდნენ) ქალაქების ცენტრებში საათების დამონტაჟებას. საათის მფლობელი შეიძლება ყოფილიყო არა მარტო დიდგვაროვანი და რამით გამორჩეული ადამიანი, არამედ ნებისმიერი რიგითი, თუნდაც ღარიბი, მოქალაქე. საათებს ამონტაჟებდა ცნობილი მათემატიკოსი, ასტრონომი და,

იმავედროულად, მესაათე იოსტ ბურგი. მან შეისწავლა ლოგარითმები და შეადგინა ლოგარითმული ცხრილები. ამასთან ერთად, ის იყო ქანქარიანი საათის პირველი გამომგონებელი. სწორედ იოსტ ბურგმა შექმნა საათი სამი ისრით და შემოიტანა დროის საზომი ერთეული წამი. მისთვის მათემატიკა არ იყო განყენებული მეცნიერება. მათემატიკა მას საშუალებას აძლევდა, გამოეგონებინა მაღალი სიზუსტით მომუშავე მექანიზმები და ეს გამოგონებები გაეხადა ყველასთვის ხელმისაწვდომი. ამბობენ, რომ იოსტ ბურგის შექმნილი საათები ახლაც მუშაობს და ძველებურად აოცებს მნახველებს.

სტატია, რომელსაც ქვემოთ გაეცნობით, საშუალებას მისცემს თქვენს მოსწავლეებს თვითონ შექმნან ნამდვილი საათი და განიცადონ გამოგონებისა და აღმოჩენის არნახული სიამოვნება და სიამაყე. ამასთან, დაინახონ, როგორ ეხმარება მათ ამ საქმეში მათემატიკის ცოდნა.

თანამედროვე ბავშვი ცხოვრობს ელექტრონულ სამყაროში. იცვლება მასწავლებლის როლი და დანიშ-

ნულებასაინფორმაციო ტექნოლოგიების სწავლებაში. შესაბამისად, მასწავლებელი უნდა ფლობდეს თანამედროვე ტექნიკას და ახალ სასწავლო ტექნოლოგიებს უკავშირებდეს საგაკვეთილო პროცესს.

GeoGebra არის დინამიურ-მათემატიკური პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ერთმართვად გამოყენებად პაკეტში აერთიანებს გეომეტრიას, ალგებრას, ელექტრონულ ცხრილებს, ფუნქციებს, დიაგრამებისა და სტატისტიკის თემებს. შესაძლებელია მასში ონლაინ მუშაობა ან მისი გადმოწერა და ინტერნეტის გარეშე მუშაობა.

GeoGebra-ს გამოყენება შესაძლებელია მათემატიკის ყოველ გაკვეთილზე. ეს პროგრამა ერთ-ერთი საუკეთესო საგანმანათლებლო რესურსია, განსაკუთრებით მათემატიკაში. მასწავლებლებს საშუალება აქვთ, გამოიყენონ ამ პროგრამის შესაძლებლობები თავიანთი მოსწავლეების სწავლების პროცესის გასაუმჯობესებლად ნებისმიერ დონეზე.

მოცემულ სტატიაში წარმოდგენილია პროგრამა GeoGebra-ში საათის (როგორც ანალოგიური, ასევე ციფრული) დამზადება, რომელიც მოითხოვს მოსწავლეებისგან სიდიდეებს შორის დამოკიდებულებების, ასევე, სხვადასხვა გეომეტრიული აგების ცოდნას და რომლის გაკეთებაც შეიძლება შევთავაზოთ მოსწავლეებს კომპლექსური დავალების სახით საბაზო საფეხურზე (უფრო მარტივი ვარიანტი შეიძლება დაწყებით საფეხურზეც გაკეთდეს), რაც აამაღლებს მოსწავლეთა მოტივაციას და ხელს შეუწყობს ცოდნის განზოგადებას.

გავხსნათ პროგრამა GeoGebra (შესაძლებელია ონლაინ მუშაობაც), ავირჩიოთ სახატავი არე და ალგებრის ფანჯარა და შევუდგეთ საათის დამზადებას.

ავილოთ ხელსაწყო წრეწირი ცენტრითა და რადიუსით  და შემოვხაზოთ წრე (პირობითად ავილოთ 4 ერთეული რადიუსის წრე ცენტრით კოორდინატთა სათავეზე), დავყოთ 60 ტოლ ნაწილად, შესაძლოა ეს იყოს წერტილები ან მცირე ბომის მონაკვეთები. შეტანის ველში ჩავწეროთ:

მიმდევრობა (მოაბრუნე (სეგმენტი ((0,3.6),(0,3.8)), $2\pi/60 * k, A$), k, 1, 60)

აქ A წრის ცენტრია, k კი – პარამეტრი, რომელიც იცვლება 1-დან 60-მდე.

ამავე პრინციპით დავყოთ წრე 12 ტოლ ნაწილად, რომელიც იქნება საათების აღმნიშვნელი და გადავწეროთ. შეტანის ველში ჩავწეროთ:

მიმდევრობა (მოაბრუნე ((0,3.7), $2\pi/12 * k, A$), k, 1, 12)

ჩვენ შეგვიძლია ავილოთ ტექსტი: „1“, „2“, „3“, ..., „12“ და სასურველ ადგილას დავამაგროთ ან შევქმნათ წერტილების ახალი სია, რომელსაც ავტომატურად გადავწვამოთ.

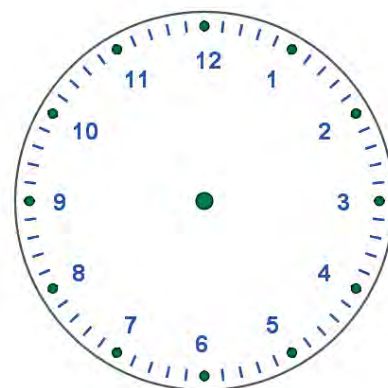
შეტანის ველში ჩავწეროთ:

მიმდევრობა (მოაბრუნე ((0,3), $-2\pi/12 * k, A$), k, 1, 12)

მოაბრუნების კუთხეს დავუწეროთ „-“, ნიშანი, რომ გადანომრვა მოხდეს საათის ისრის მიმართულებით; მივიღებთ წერტილების ახალ 13 სიას. ამ სიის წერტილებში ჩავჭიდოთ ტექსტი „1“, „2“, „3“, ..., „12“, ამისათვის შეტანის ველში ჩავწეროთ:

მიმდევრობა (ტექსტი (k, ელემენტი (13, k)), k, 1, 12)

და 13 სია ანუ ის წერტილები რომლებშიც ტექსტი დავამაგრეთ დავმალოთ; მივიღებთ საათის ციფერბლატს.



შემოვიღოთ წამის აღმნიშვნელი სრიალა $a=1$ მთელი რიცხვი, რომელსაც შეიძლება დავარქვათ „წამი“ და შევცვალოთ 0-დან 60-მდე. ეს სრიალა უნდა იყოს ზრდადი და თუ გვინდა ზუსტად მისდევდეს დროს, სინქარე შევამციროთ 6-ჯერ, ანუ ავიღოთ $1/6$. სრიალაზე თავის მარჯვენა ღილაკზე დაწკაპებით შევიდეთ სრიალას თვისებებში და შევცვალოთ

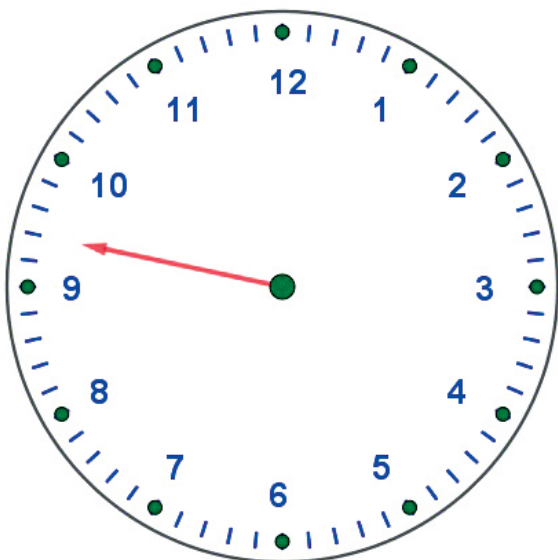
ანიმაციის სისწრაფე: 1 / 6 გამოჩენა: $\Rightarrow$ ზრდადი

ასევე სრიალაზე მარჯვენა ღილაკზე დაწკაპებით შეგვიძლია ჩავუროთ ანიმაცია.

ჩვენ შეგვიძლია დავამზადოთ წამის ისარი, ამისათვის ავიღოთ წერტილი (0,3) და მოვაბრუნოთ საათის ისრის მიმართულებით, სრიალას გამოყენებით. რადგან 60 წამში უნდა შემობრუნდეს 360° -ით, ამიტომ მობრუნება უნდა მოხდეს $(-6 * \text{წამი})^\circ$ -ით, (თუ გვინდა საათის ისრის მიმართულებას გაყვეს დავუწეროთ „-“ ნიშანი). შეტანის ველში ჩავწეროთ:

მოაბრუნე((0,3), $-(6 * \text{წამი})0,A$)

მიღებულ წერტილთან შევადგოთ A წერტილი ვექტორით , თუ გვინდა ისრის ეფექტი მიეცეს, ხოლო წერტილები დავშალოთ. ასეთნაირად დამზადდება წამის ისარი.



ჩვენ შეგვიძლია ასეთნაირად შემოვიღოთ წუთისა და საათის მაჩვენებელი ისრებიც.

შესაძლებელია, თავიდან განვსაზღვროთ რაღაც დრო და შემდგომ წამის მაჩვენებელმა დრომ შეცვალოს მისი მნიშვნელობა.

შეტანის ველში ცალკ-ცალკე ჩავწეროთ:

წუთი = 0

საათი = 0

როცა წამის რიცხვითი მნიშვნელობა გახდება 60-ის ტოლი, წუთის რიცხვითი მნიშვნელობა გაიზარდოს 1-ით, ხოლო თუ წუთის მნიშვნელობა გახდება 60-ის ტოლი საათის რიცხვითი მნიშვნელობა გაიზარდოს 1-ით. რა თქმა უნდა, წუთის რიცხვითმა მნიშვნელობამ არ უნდა გადააჭარბოს 60-ს, ხოლო საათის რიცხვითმა მნიშვნელობამ არ უნდა გადააჭარბოს 24-ს (უნდა გააგრძელოს 0-დან). ეს შედარება უნდა მოხდეს ყოველწამიერად განახლებად რეჟიმში, უნდა მოხდეს შედარებები და შესაბამისი მოქმედებები, ამიტომ შევიდეთ სრიალა „წამი“-ს თვისებებში გადავიდეთ სკრიპტის წერა-განახლებაზე და ჩავწეროთ:

თუ(წამი = 60, მნიშვნელობის არჩევა (წუთი, წუთი + 1))

თუ(წამი >= 60, მნიშვნელობის არჩევა (წამი, 0))

თუ(წუთი = 60, მნიშვნელობის არჩევა (საათი, საათი + 1))

თუ(წუთი >= 60, მნიშვნელობის არჩევა (წუთი, 0))

თუ(საათი >= 24, მნიშვნელობის არჩევა (საათი, 0))

თუ დავაკვირდებით, ალგებრის ფანჯარაში ვნახავთ, რომ წუთისა და საათის მნიშვნელობები დაიწყებს ცვლილებას ზუსტი დროით.

შეგვიძლია ამის შემდეგ დავამზადოთ წუთისა და საათის აღმნიშვნელი ისარი.

ავილოთ რაღაც წერტილი პირობითად (0,2.8) და რადგან 60 წუთში წუთების ისარი შემოწერს 360° , ამიტომ 1 წუთში მობრუნება გამოდის 6° და შესაბამისად აღებული წერტილის მობრუნება უნდა მოხდეს $(6 \text{ წუთი})^\circ$ -ით, მაგრამ ამ შემთხვევაში წუთის აღმნიშვნელი ისარი წამის ისრის ანალოგიურად დაიწყებს გადახტომას. თუ გვინდა უწყვეტად მიდიოდეს, ამისათვის მის მოძრაობაზე გავლენას უნდა ახდენდეს წამის აღმნიშვნელი ისარი (60 წამში 6° და შესაბამისად 1 წამში 0.1°), ამიტომ შეტანის ველში ჩავწეროთ:

მოაბრუნე((0,2.8),-(6*წუთი+0.1*წამი)0,A)

მიღებულ წერტილთან შევავრთოთ A წერტილი ვექტორით . წერტილები დავმალეთ, გამოვუერთოთ ვექტორებს აღნიშვნა და მივცეთ ჩვენთვის სასურველი ფერი და სისქე.

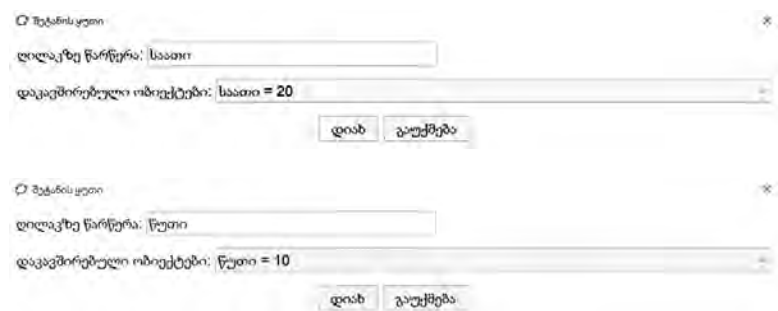
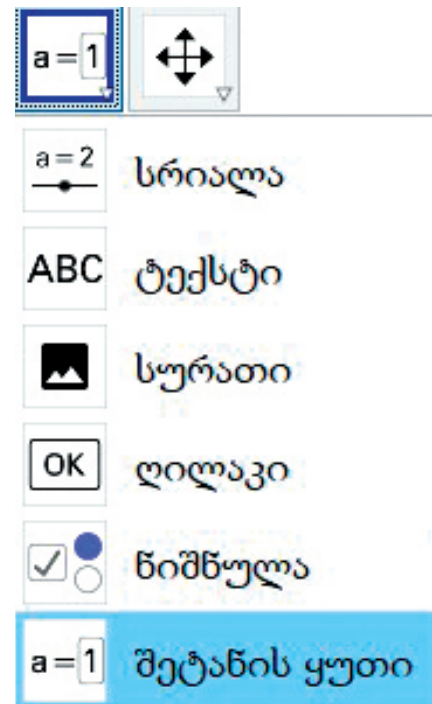
ანალოგიურად დავამზადოთ საათის აღმნიშვნელი ისარი. მის მობრუნებაზე გავლენას ახდენს საათის რიცხვითი მნიშვნელობა და წუთის რიცხვითი მნიშვნელობა (წამის რიცხვითი მნიშვნელობა უმნიშვნელო იქნება).

1 საათში საათის აღმნიშვნელი ისარი შემობრუნდება 30° -ით, რომელსაც დაემატება 0.5° ყოველ წუთზე (60 წუთში 30°)

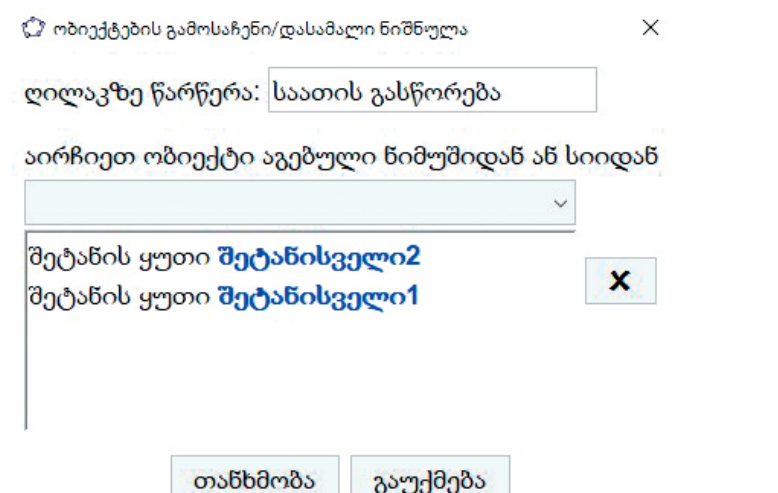
მოაბრუნე((0,2.8),-(30*საათი+0.5*წუთი)0,A)

მიღებულ წერტილთან შევავრთოთ A წერტილი ვექტორით . წერტილები დავმალეთ, გამოვუერთოთ ვექტორებს აღნიშვნა და მივცეთ ჩვენთვის სასურველი ფერი და სისქე.

საათის გასასწორებლად შეგვიძლია შემოვიღოთ შეტანის ყუთები სახატავ არეზე.



სახატავ არეზე შემოვიღოთ ჩიშნულა, რომელიც გამოაჩენს ან დამალავს მოცემულ ყუთებს. ამ ჩიშნულას შეიძლება დავარქვათ საათის გასწორება.



შეტანის ყუთების დახმარებით შეგვიძლია საათის გასწორება (შეგვყავს შესაბამისი მონაცემები)

☒ საათის გასწორება

საათი 20 წუთი 10

ჩვენ შეგვიძლია დავამზადოთ ციფრული საათიც, ამისათვის დაგვჭირდება საათის, წუთისა და წამის, როგორც ტექსტის, შემოტანა. ვინაიდან რიცხვითი მნიშვნელობები საათზე არის ორნიშნა, ამიტომ თუ გვექნება შესაბამისი მნიშვნელობა ერთნიშნა, წინ „0“-ით შევავსოთ. შესაძლოა, „-“ით გამოვყოთ საათი და წუთი, ასევე წუთი და წამი.

შეტანის ველში გამოვიყენოთ პირობითი ოპერატორი და ცალ-ცალკე ჩავწეროთ:

თუ(საათი < 10, „0“ + საათი + „:“, „“ + საათი + „:“)

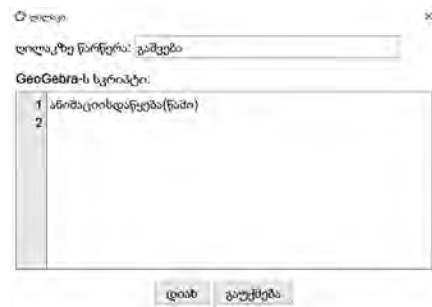
თუ(წუთი < 10, „0“ + წუთი + „:“, „“ + წუთი + „:“)

თუ(წამი < 10, „0“ + წამი, „“ + წამი)

მიღებული ტექსტები შეიძლება განვალაგოთ ერთმანეთის მიყოლებით და მივცეთ შესაბამისი ფერი და ზომა.

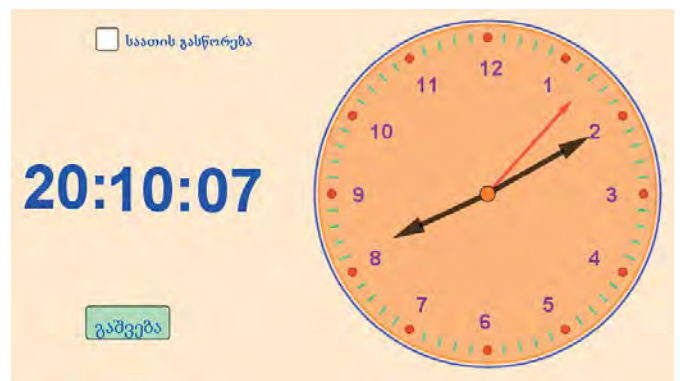


შეგვიძლია შემოვიღოთ საათის დაპაუზების და გაშვების ლილაკები,



რომლითაც შესაძლებელი იქნება საათის დაპაუზება (გაჩერება)/გაშვება შესაბამის ლილაკზე დაწკაპებით.

დასასრულს შეგვიძლია ვიზრუნოთ დიზაინზე, ავირჩიოთ ჩვენთვის სასურველი ფერი და ზომა, დავმალოთ არასასურველი ობიექტები და აღნიშნები (ასეთის არსებობის შემთხვევაში).



საათის დამზადების ვიდეონსტრუქციის ბმულია:

https://www.youtube.com/watch?v=-KTijHhj_ro&t=1828s

დამზადებული რესურსიატვირთულია GeoGebra-ს ოფიციალურ გვერდზე:

<https://www.geogebra.org/m/akzw4r8t>

ამდენად, სასწავლო პროცესში პროგრამა GeoGebra-ს გამოყენება მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს განათლების ხარისხს; ააქტიურებს პროცესს; ზრდის მოსწავლეთა შესწავლის ინტერესსა და ეფექტურობას სასწავლო პროცესში; საშუალებას იძლევა, უფრო სიღრმისეულად გავიგოთ საგანმანათლებლო მასალა.

როგორ გამოვიყენოთ ქიმიის ვირტუალური ლაბორატორია საგაკვეთილო პროცესში?

ქიმიის სიმულაცია როგორც სასწავლო რესურსი



ნათია არაჩული

ქიმიის ექსპერტ-კონსულტანტი,
სსიპ მასწავლებელთა
პროფესიული განვითარების
ეროვნული ცენტრი

წინამდებარე სტატიაში განხილული იქნება ერთი კონკრეტული სიმულაცია კოლორადოს უნივერსიტეტის ბაზაზე შექმნილი ქიმიის ვირტუალური ექსპერიმენტებიდან და ნაჩვენები იქნება ასეთი ტიპის რესურსის გამოყენების შესაძლებლობა და ეფექტიანობა ქიმიის სწავლებაში.

აღნიშნული რესურსის გამოყენება საგაკვეთილო პროცესში დაეხმარება/ხელს შეუწყობს მოსწავლეებში კვლევითი უნარ-ჩვევების ჩამოყალიბება-განვითარებას, სამეცნიერო მეთოდის ეტაპების იდენტიფიცირებაში, საგაკვეთილო პროცესში პრობლემაზე დაფუძნებული სწავლების დანერგვაში, 21-ე საუკუნის სწავლების მიდგომების დანერგვას – მოსწავლეებ

ორიენტირებული, აქტიური სწავლება სწავლების თანამედროვე მეთოდების, ტექნოლოგიების გამოყენებით. მათემატიკური აპარატის გამოყენება ქიმიის შესწავლის პროცესში.

შესავალი

ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში ხშირად ვიყენებთ: სოფლის მეურნეობაში – კირიან წყალს და ბორდოს ხსნარს, მშენებლობაში – ბეტონს, მედიცინაში – ფიზიოლოგიურ ხსნარს (0,9% -იანი სუფრის მარილის ხსნარი) და გლუკოზის 5%-იან ხსნარს, მეტალურგიაში – თუჯსა და ფოლადს. წვნიანი, რომელსაც მიირთმევთ, სხვადასხვა ინგრედიენტის შემცველი არაერთგვაროვანი მასაა, ხოლო წათხი ყველის შესანახად დამზადებული სუფრის მარილის წყალხსნარია (5 ლ. წყალი + 1 კგ. მარილი). ასევე ცნობილია, რომ ჰაერი სხვადასხვა აირის შემცველი ნარევი, ზღვის წყალი შეიცავს მარილებს, ნავთობი ნახშირწყალბადების ნარევი, მანქანის აკუმულატორში ასხია 25%-იანი გოგირდმჟავას ხსნარი, ხოლო ადამიანის ორგანიზმში არსებული სისხლი არის არაერთგვაროვანი, ჰეტეროგენული ნარევი.



ზემოთ ჩამოთვლილ მაგალითებს აერთიანებთ ერთი რამ – თითოეული მათგანი წარმოადგენს ნარევს, რომელთაგან ზოგი – ჰომოგენურია (ერთ-გვაროვანი ანუ ხსნარი), ზოგიც – ჰეტეროგენული (არაერთგვაროვანი).

სურათზე ნაჩვენებია მსოფლიოს ღვინის დედაქალაქად წოდებული საფრანგეთის ქალაქი ბორდო. აქედან წარმოდგება „ბორდოს ხსნარის“ სახელწოდება. ამ ხსნარს იყენებენ ვაზის შესაწამლად. იგი არის სუსპენზია (არაერთგვაროვანი ნარევი), რომელსაც შემდეგნაირად ამზადებენ: ჩაუმქრალ კირს ხსნიან წყალში და უმატებენ შაბიამანს.



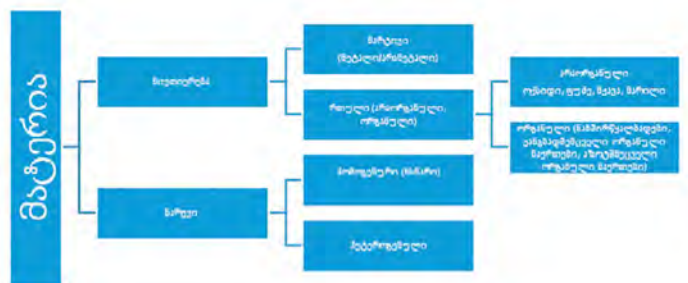
ბორდო – მსოფლიოს ღვინის დედაქალაქი

ნარევი, ისევე როგორც ნივთიერება, მატერიის ფორმაა.

რა არის მატერია? ცნობილია მატერიის რამდენიმე განსაზღვრება:

- მატერია არის ის, რისგანაც შედგება სამყარო
- ყველაფერი, რაც ჩვენს გარშემოა, მატერიისაგან შედგება
- მატერია არის ის, რასაც აქვს მასა და მოცულობა
- მატერია არის ფიზიკური სუბსტანციის გამომსახველი ფილოსოფიური კატეგორია

გთავაზობთ მატერიის გონებრივ რუკას.



ჩვენ განვიხილავთ სიმულაციას, რომელიც ეხება სხვადასხვა კონცენტრაციისა და სიძლიერის ფუძეებისა და მუხვების წყალხსნარებს. სიმულაცია საშუალებას იძლევა დავადგინოთ დამოკიდებულება ამ სიდიდეებს შორის, განვსაზღვროთ დამოუკიდებელი,



დამოკიდებული და საკონტროლო ცვლადები, გავაანალიზოთ მიღებული შედეგები და გამოვიტანოთ შესაბამისი დასკვნა.

როგორ გუგავთ სიმულაციას?

განვიხილოთ აქტივობები, რომელთა შესრულება შესაძლებელია მოცემული სიმულაციის გამოყენებით. შედიხართ ბმულზე:

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/chemistry>

სადაც ირჩევთ აქტივობას “acid-base solutions” და გადადიხართ ახალ ბმულზე:

https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html,

პირდაპირ ამ ბმულზეც შეიძლება შესვლა:

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/acid-base-solutions> → Translations →

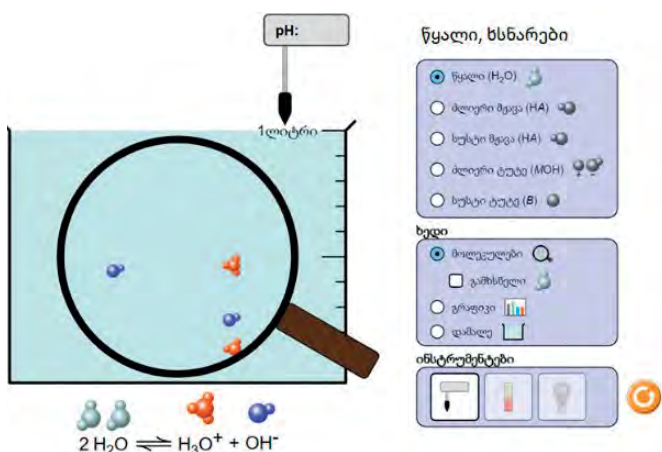
ვირჩევთ ქართულ ვერსიას ასეთის არსებობის შემთხვევაში:

https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_ka.html

შედივართ მითითებულ ბმულზე. გამოჩნდება ორი არჩევანი: „შესავალი“ და „ჩემი ხსნარი“.



შევივართ „შესავალში“. ეკრანზე გამოვა შემდეგი გამოსახულება:

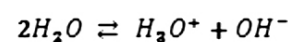


აქტივობა N1

1.1 დააწკაპეთ „წყალი და ხსნარებში“ წყალზე და ინსტრუმენტებში მონიშნეთ pH-მეტრი.

ჩაუშვით pH-მეტრი წყალში. ჩაინიშნეთ ხელსაწყო (pH=7). მაშასადამე, წყლის არე არის

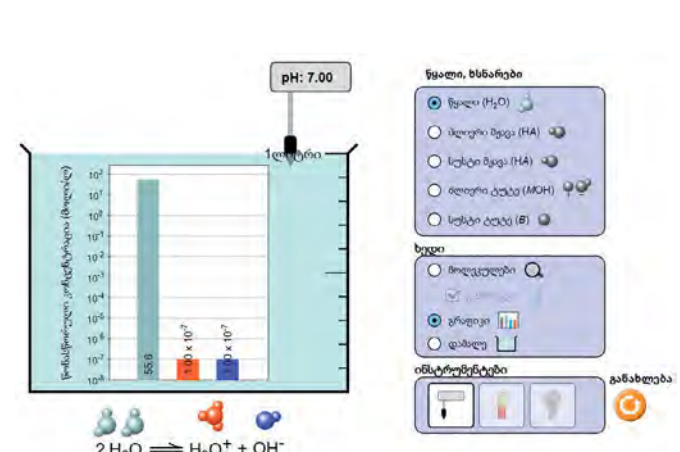
ნეიტრალური. „ხედში“ მონიშნეთ „მოლეკულები“ და „გამხსნელი“. იმსჯელეთ მიღებულ სურათზე და გააანალიზეთ ის. აქცენტი უნდა გაკეთდეს იმაზე, რომ წყალი, თუმცა ძალიან უმნიშვნელოდ, მაგრამ მაინც განიცდის თვითიონიზაციას სურათზე მოცემული რე-აქციის ტოლობის შესაბამისად. ამიტომ ხსნარში იქნება ჰიდროქსონიუმისა და ჰიდროქსიდ-იონები თანაბარი რაოდენობით:



იმისათვის, რომ შეგვექმნას წყლის იონიზაციის ხარისხზე უფრო ნათელი წარმოდგენა, „ხედში“ დააწკაპეთ „გრაფიკზე“. რა დასკვნის გამოტანა შეიძლება ამ გრაფიკიდან? (გრაფიკიდან ჩანს, რომ წყლის იონიზაციის ხარისხი ძალიან დაბალია).

ჩაინიშნეთ მონაცემები – ჰიდროქსონიუმისა და ჰიდროქსიდ-იონების კონცენტრაციები:

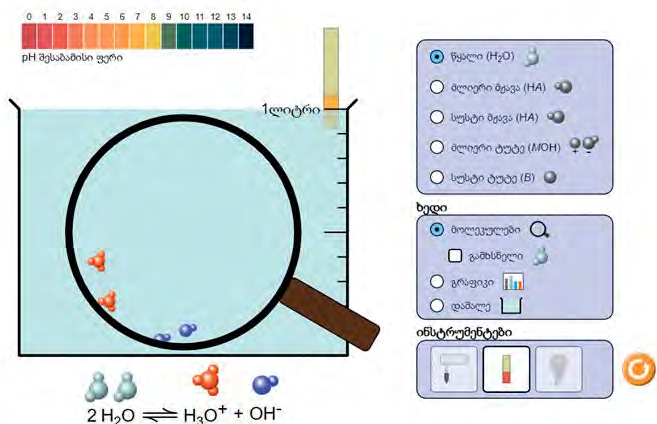
$$[H_3O^+] = 10^{-7} M \quad [OH^-] = 10^{-7} M$$



1.2 დააწკაპეთ „განახლებაზე“ და

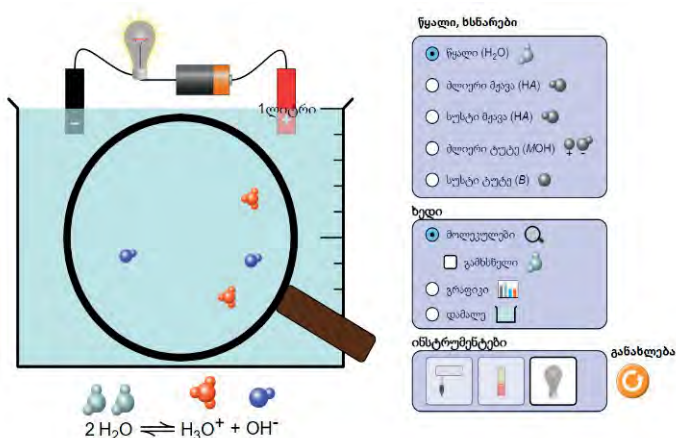
„ინსტრუმენტებში“ მონიშნეთ ინდიკატორი.

ჩაუშვით ინდიკატორის ქაღალდი ხსნარში და ჩაინიშნეთ შეფერილობა.



1.3 დააწკაპეთ „განახლებაზე“ და „ინსტრუმენტებში“ მონიშნეთ ნათურა.

გამოჩნდა დენის წყაროსთან მიერთებული ნათურა, ჩავუშვათ ელექტროდები ხსნარში. რას ხედავთ? რა დასკვნის გამოტანა შეიძლება იქედან,



რასაც ხედავთ? რამდენად ძლიერად ანათებს ნათურა? რატომ?

ანალოგიური ექსპერიმენტები ჩაატარეთ ძლიერი მჟავას, სუსტი მჟავას, ძლიერი ფუძის (ტუტის), სუსტი ფუძის შემთხვევაში. შედეგები შეიტანეთ ცხრილში:

N	ნიშნობა/ხსნარი	pH	ინდიკატორის ქაღალდის ფერები	ნათურის სიკაშკაშე
---	----------------	----	-----------------------------	-------------------

- 1 წყალი
- 2 ძლიერი მჟავა
- 3 სუსტი მჟავა
- 4 ძლიერი ფუძე
- 5 სუსტი ფუძე

ახლა გადავიდეთ სიმულაციის მეორე ნაწილზე „ჩემი ხსნარი“.



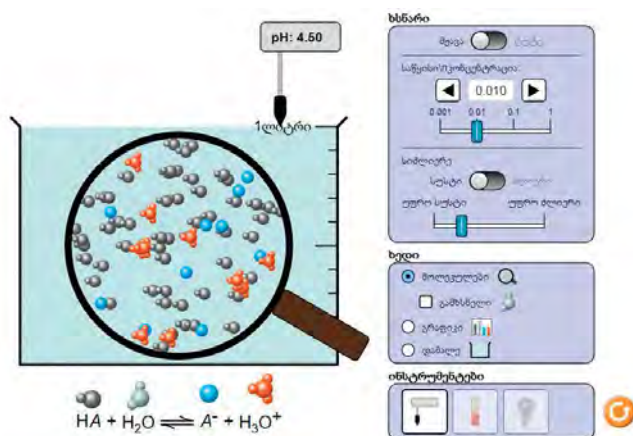
დააწკაპეთ „ჩემს ხსნარზე“, აქ არის მჟავასა და ფუძის არჩევანის საშუალება.

აქტივობა N2

აირჩიეთ მჟავა

განყოფილება „ხსნარში“ შესაძლებელია მჟავას კონცენტრაციისა და სიძლიერის ცვლილება.

1. მჟავას სიძლიერე იყოს მუდმივი (საკონტროლო ცვლადი), ცვალეთ ხსნარის კონცენტრაცია (დამოკიდებული ცვლადი) და გამომეთ ხსნარის pH (დამოკიდებული ცვლადი).



თავდაპირველად განვიხილოთ 0,01M კონცენტრაციის სუსტი მჟავა. ჩაუშვით ხსნარში pH-მეტრი, გაზომვის შედეგია pH=4.5.

2. შეცვალეთ ნივთიერების კონცენტრაცია ისრის გადაადგილებით მარჯვნივ (1M) და გამომეთხსნარის pH.
3. ახლა ისარი გადაანაცვლეთ მარცხნივ (0,001M) და ისევ გამომეთხსნარის pH.
როგორ იცვლება ხსნარის pH კონცენტრაციის ცვლილებასთან ერთად?
4. დაუბრუნდით საწყის კონცენტრაციას (0,01M) და ახლა ცვალეთ მუავას სიძლიერე.
5. მუავას სიძლიერის გაზრდისას აღწერეთ ანიონების, ჰიდროქსონიუმის იონებისა და მუავას მოლეკულების რაოდენობის ცვლილება და იმსჯელეთ.
6. მუავას სიძლიერის გაზრდისას როგორ შეიცვლება იონების და მოლეკულების რაოდენობა/კონცენტრაცია ხსნარში? მინიშნება: დააწკაპეთ „გრაფიკს“ და სვეტოვანი დიაგრამის საშუალებით იმსჯელეთ კონცენტრაციის ცვლილებაზე.
7. ახდენს თუ არა გავლენას pH-ის ცვლილება ჰიდროქსონიუმის იონების კონცენტრაციაზე (და/ან პირიქით?)
8. დააწკაპეთ „განახლებაზე“ და გადადით ძლიერ მუავაზე. ხსნარში ჩაუშვით pH-მეტრი. ჩაინიშნეთ ანათვალი. დააკვირდით იონების რაოდენობას სარეაქციო არეში, დააწკაპეთ „გრაფიკზე“ და იმსჯელეთ კონცენტრაციის ცვლილებაზე.
9. იყო თუ არა ჭურჭელში ისეთი ნივთიერება, რომლის კონცენტრაცია ამჟამად 0-ის ტოლია? თუ კი, რომელია ეს ნივთიერება? რატომ აღარ არის ის ჭურჭელში?
10. აარჩიეთ ძლიერი მუავა, ჩაუშვით pH-მეტრი ხსნარში. მონიშნეთ კონცენტრაციის ოთხი მნიშვნელობა, განსაზღვრეთ შესაბამისი pH და მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში.

კონცენტრაცია, მოლი/ლ	pH
0.001	
0.01	
0.1	
1.0	

ხსნარის pH ასევე შეამოწმეთ ინდიკატორის ქაღალდით. რამდენად ემთხვევა ორი სხვადასხვა ხერხით მიღებული შედეგი ერთმანეთს?

აქტივობა N3

აირჩიეთ ფუძე

დააწკაპეთ „განახლებაზე“ და გადადით ფუძეზე. გაიმეორეთ აქტივობა N2-ის 1-4 ეტაპები და უპასუხეთ კითხვებს.

აარჩიეთ ძლიერი ფუძე (ტუტე), ჩაუშვით pH-მეტრი ხსნარში. მონიშნეთ კონცენტრაციის რამდენიმე მნიშვნელობა, განსაზღვრეთ თითოეული მნიშვნელობის შესაბამისი pH და მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში.

კონცენტრაცია, მოლი/ლ	pH
0.001	
0.01	
0.1	
1.0	

pH ასევე შეამოწმეთ ინდიკატორის ქაღალდით. იმსჯელეთ შედეგზე.

გამოიყენეთ ცხრილში არსებული მონაცემები და რამდენიმე წინადადებით აღწერეთ, როგორ იცვლება pH-ის მნიშვნელობა კონცენტრაციის ცვლილებისას 10-ჯერ (იხ. ცხრილი ზემოთ).

იგივე ეტაპები გაიმეორეთ სუსტი ფუძის არჩევისას. თითოეულ აქტივობაში განსაზღვრეთ დამოუკიდებელი, დამოკიდებული ცვლადი და საკონტროლო ცვლადები.

აქტივობა N4

გამომეთხსნარს ხსნარის pH კონცენტრაციის თითოეული მნიშვნელობისთვის, მუავას სიძლიერე დააფიქსირეთ მარცხენა ზღვრულ პოზიციაში და შეავსეთ ცხრილი:

აქტივობა N5

N	კონცენტრაცია, მოლი/ლ	ხსნარის pH
1	0.001	
2	0.01	
3	0.1	
4	1.0	

ნათურის სიკაშკაშე შეაფასეთ სიტყვიერად: ანათებს ძალიან სუსტად, სუსტად, ძლიერად, ძალიან ძლიერად და შეავსეთ ცხრილი. ჩათვალეთ, რომ მუშავას სიძლიერე უცვლელია (საკონტროლო ცვლადი).

N	ხსნარი კონცენტრაცია, მოლი/ლ	ნათურის სიკაშკაშე
1	0.001	
2	0.01	
3	0.1	
4	1.0	

განმარტებები:

HA – მუშავას ზოგადი ფორმულა, A – ანიონი, H_3O^+ – ჰიდროქსონიუმის იონი

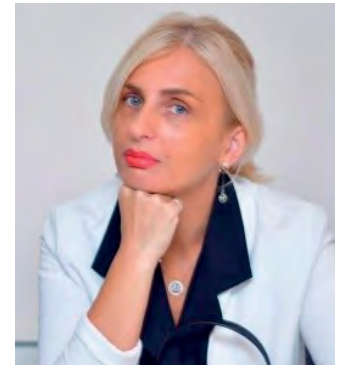
კითხვები დისკუსიისათვის:

- რა ინტერვალში იცვლება ხსნარის pH: ა) მუშავების, ბ) ფუძეების შემთხვევაში?
- რით აიხსნება აქტივობაში გამოყენებული ნივთიერებების ელექტროგამტარობის განსხვავებული უნარი?
- რა გავლენას ახდენს ფუძის კონცენტრაციის ცვლილება pH-ის ცვლილებაზე?
- როგორ არის დამოკიდებული OH^- და BH^+ ნაწილაკების კონცენტრაცია ფუძის სიძლიერეზე?
 $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$
- როგორია კონცენტრაციის გავლენა იგივეზე? პასუხი დაასაბუთეთ.
- არის თუ არა pH დამოკიდებული ჰიდროქსიდ-იონების კონცენტრაციაზე?

- შესაძლებელია, რომ სუსტი მუშავა იყოს კონცენტრირებული?
- შესაძლებელია, რომ ძლიერი მუშავა იყოს განზავებული?
- მუშავების შემთხვევაში მართებულია თუ არა მოსაზრება, რომ კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს pH-ის გაზრდას?
- ფუძეების შემთხვევაში მართებულია თუ არა მოსაზრება, რომ კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს pH-ის გაზრდას?



მიკროკონტროლერის ARDUINO-ს პროგრამირება ვიზუალური პროგრამირების გარეშოდან

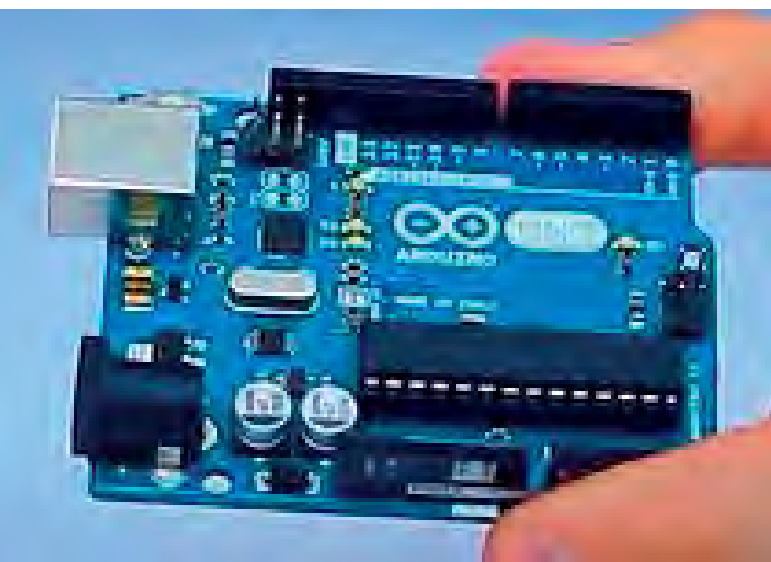


ნინო ბაგალიშვილი

კომპიუტერული
ტექნოლოგიების (ისტ)
ექსპერტ-კონსულტანტი

რა არის არდუინო?

მიკროკონტროლერი (microcontroller) არდუინო არის მცირე ზომის მოწყობილობა, რომელსაც გააჩნია გამოთვლითი შესაძლებლობა, მეხსიერება, მართვადი შემავალი და გამავალი არხები (პინები). არდუინოს აქვს პროცესორი, ის გამოიყენება რაიმე მოწყობილობების თუ პროცესების მართვისთვის (კონტროლერი). მას შეგვიძლია მიუერთოთ მიუერთოთ სხვადასხვა სენსორები, ძრავები, ბორბლები და სხვ. მოწყობილობები და დავაპროგრამოთ.



Arduino-ს მოიცავს კონტროლერებს: Arduino UNO, Arduino Leonardo, Arduino Arduino Mega, Arduino Nano, Arduino Micro, Arduino Mini და სხვა. განსხვავება არის მათი პინების რაოდენობა და მონაცემები: მეხსიერება, პროცესორის სიხშირე და ა.შ მათი პროგრამირება ხდება ერთი და იგივე ნაირად.

Arduino UNO ეს არის კონტროლერი, რომელიც აგებულია ATmega328 მიკროკონტროლერის ბაზაზე. ის შეგვიძლია მიუერთოთ კომპიუტერს USB კაბელის საშუალებით, ან მივაწოდოთ კვება ელემენტის მეშვეობით.

არდუინოს რომელიმე პინზე რაიმე მოწყობილობების მიერთების შემდეგ ის უნდა დავაპროგრამოთ, შესაბამისი მოქმედების შესასრულებლად.

როგორ დავაპროგრამოთ არდუინო?



Arduino-ს დაპროგრამების ენა დაფუძნებულია C/C++ ენებზე. არდუინოს დასაპროგრამებლად საჭიროა გადმოვწეროთ სპეციალური გარემო – **Arduino IDE** (ოფიციალური გარემო). ამისათვის შევდივართ საიტზე **Arduino – Home -arduino.cc** და მენიუ **Software-იდან ვიწერთ Software|Arduino IDE** – შესა-

ბამის ვერსიას. რის შემდეგაც დავაინსტალირებთ მას კომპიუტერზე.

დღეს, ამ სტატიაში ჩვენ გავცნობით Arduino-ს დაპროგრამების ალტერნატიულ საშუალებას, კერძოდ ვნახავთ როგორ შეიძლება მისი დაპროგრამება ვიზუალური პროგრამირების გარემოდან. რაც საშუალებას გვაძლევს მოსწავლეებს დაწყებით საფეხურზე, საგანში კომპიუტერული ტექნოლოგიები შევთავაზოთ სხვადასხვა საინტერესო STEM პროექტი.

ARDUINO-ს პროგრამირება ვიზუალური პროგრამირების გარემოდან – PICTOBLOX

არსებობს რამდენიმე პლატფორმა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს დავაპროგრამოთ არდუინო ვიზუალური პროგრამირების გარემოდან. ერთ-ერთი პლატფორმა, რომელიც იყენებს ვიზუალური პროგრამირების სკრეინის ენას არის **პლატფორმა PictoBlox**–ბლოკებზე დაფუძნებული კოდირებისა და AI (ხელოვნური ინტელექტი) განათლების პლატფორმა ბავშვებისთვის. სადაც შესაძლებელია შეიქმნას ანიმაციები, თამაშები და სხვ.



სწორედ ამ სტატიაში განვიხილავთ Pictoblox რომელიც არის STEMpedia-ს ერთ-ერთი პროდუქტი.



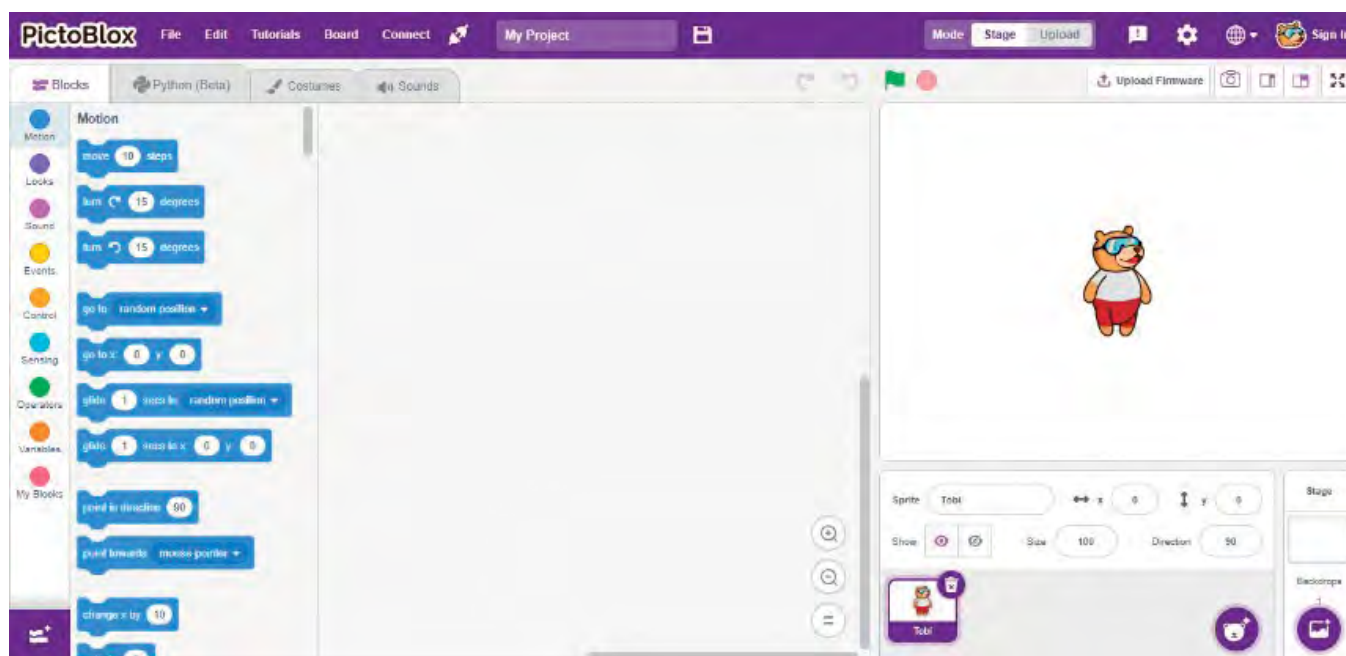
STEMpedia – thestempedia.com – STEMpedia
| One-stop STEM education solution for students & educators (thestempedia.com) პლატფორმა კი თავის მხრივ არის STEM-ის სასწავლო პლატფორმა, სადაც შეგიძლიათ ნახოთ უამრავი STEM პროექტი და სასწავლო რესურსები.

აღნიშნული პლატფორმიდან შეგიძლიათ გამოწეროთ პროგრამა **Pictoblox (thestempedia.com/product/pictoblox – PictoBlox – Scratch-Based AI Programming Software for Kids – STEMpedia (thestempedia.com), Download PictoBlox Software – STEMpedia (thestempedia.com)** (ისარის უფასო პროგრამა) და დააინსტალიროთ თქვენს კომპიუტერზე.

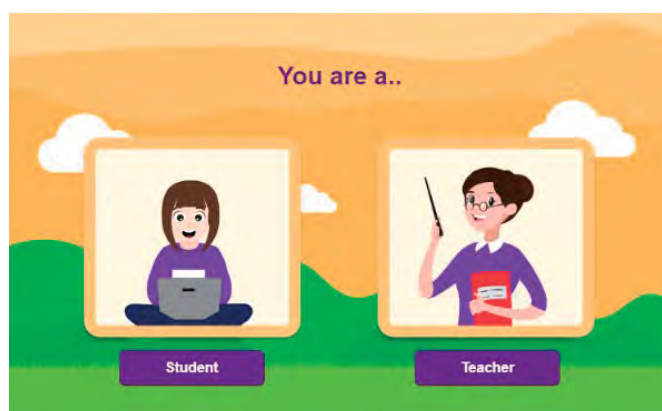
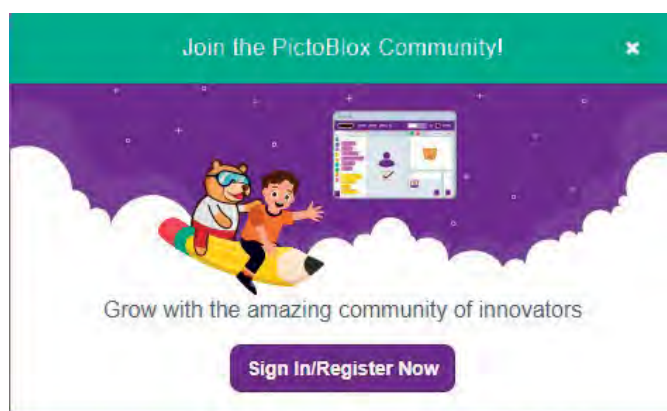
ასევე შესაძლებელია **Pictoblox**-ის ონლაინ ვერსიის გამოყენება: **pictoblox.ai – (Beta) PictoBlox: Learn coding and program robots online**, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ონლაინ, ინსტალაციის გარეშე გამოვიყენოთ **Pictoblox**. აღნიშნულ ვებ მისამართზე გადასვლის შემდეგ გაჩნდება გვერდი, სადაც შეარჩიეთ ბლოკებით კოდირება:



გამოჩნდება გვერდი, სადაც მარცხენა მხარეს მოთავსებულია ბლოკების მენიუ და ბლოკები. აღნიშნული ბლოკების გადმოტანით სამუშაო დაფაზე შეგიძლიათ დაწეროთ პროგრამა.

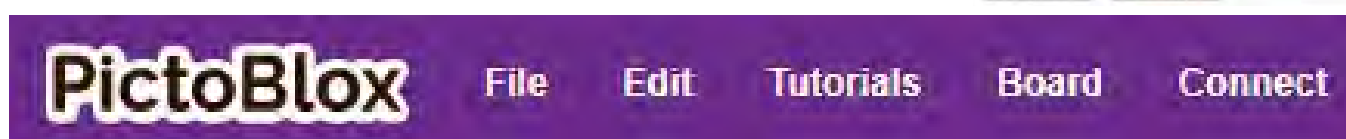
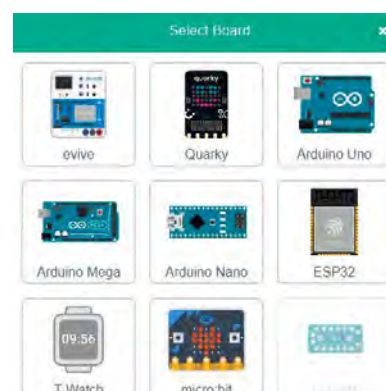
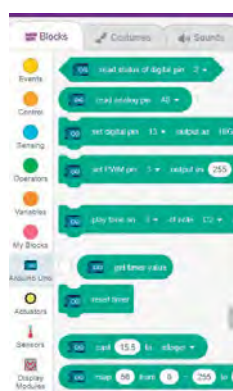


როგორც მოსწავლემ ასევე მასწავლებელმა Pictoblox-ზე შეგიძლიათ გაიაროთ რეგისტრაცია.



რისთვისაც უნდა შეავსოთ სარეგისტრაციო ფორმა. სარეგისტრაციო ფორმის შევსების შემდეგ ელექტრონულ ფოსტაზე მოგივით წერილი, საიდანაც ლილაკით: [Activate Account](#) Activate Account გააქტიურებთ თქვენს მომხმარებელს.

Pictoblox-ში არდუინოს დასაპროგრამებელი ბლოკების გამოსაჩენად აირჩიეთ მენიუ board და შემდეგ აირჩიეთ Arduino Uno



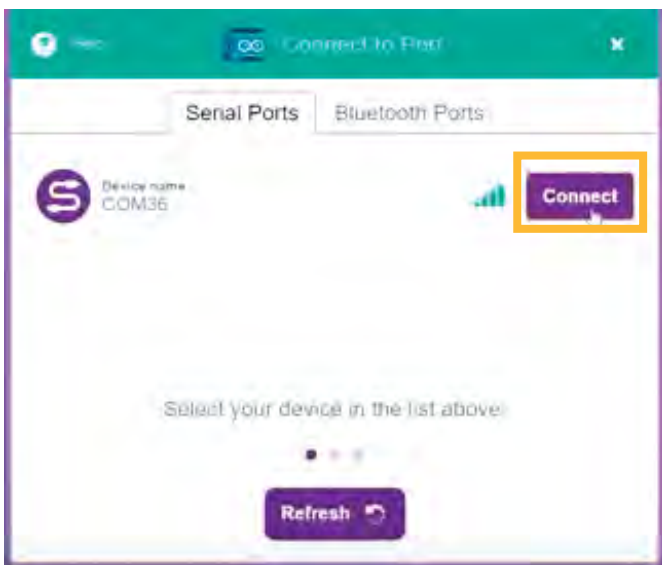
მენიუს ჩამონათვალში დაემატება—მენიუ **Arduino Uno**. მასზე დაწკაპუნებით გამოჩნდება შესაბამისი ბლოკები, რომელთა გადმოტანით სამუშაო დაფაზე შეგიძლიათ დაწეროთ პროგრამა და დააპროგრამოთ **Arduino Uno**.

იმისათვის, რომ დაწერილი პროგრამა გაეშვას არდუინოზე და შესრულდეს დაწერილი მოქმედება, საჭიროა შეასრულოთ მოქმედებები:

1. მიუერთოთ **Arduino Uno** კომპიუტერს **USB** კაბელის საშუალებით;
2. ამის შემდეგ დავაჭიროთ **Connect** მენიუს და



გამოსულ ფანჯარაში ღილაკს **Connect**.



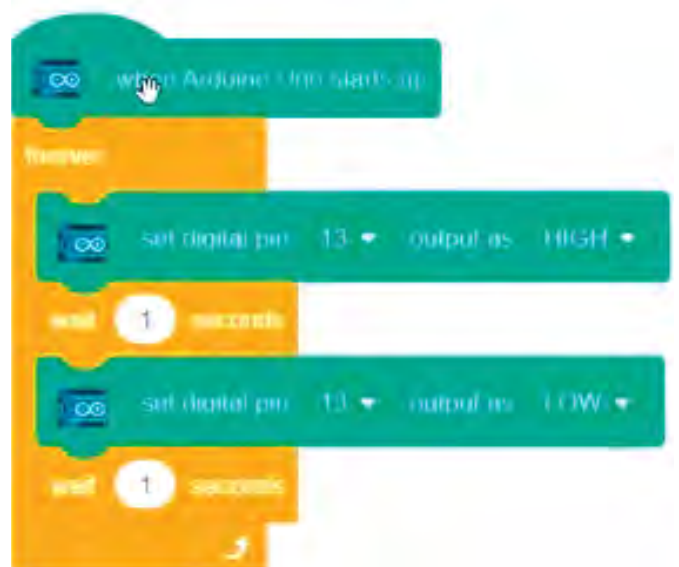
3. ამის შემდეგ ვაჭერთ ღილაკს **Upload** გამოჩნდება დაგენერირებული კოდი.
4. შემდეგ **Upload Code** ვაჭერთ **Upload Code** ღილაკზე, რის შემდეგაც არდუინოზე აიტვირთება შესაბამისი კოდი და შესაბამისი მოქმედება შესრულდება.

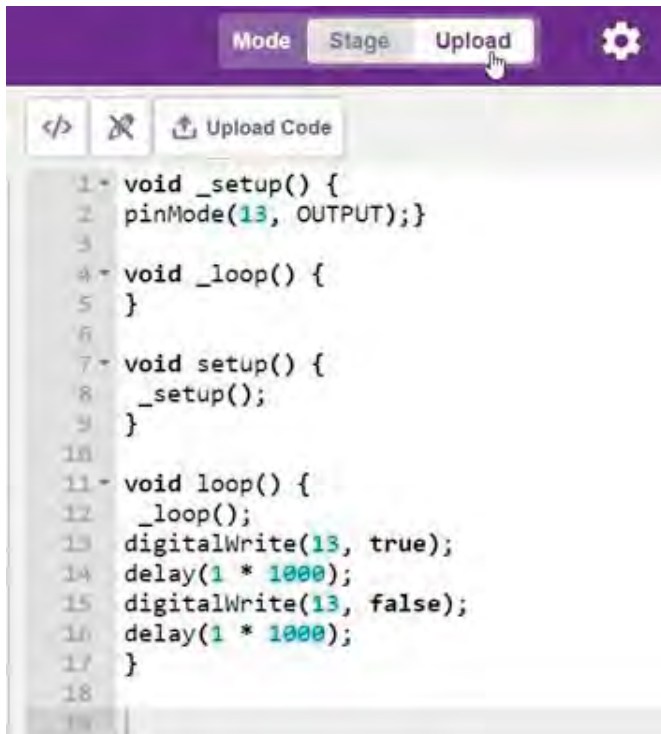
პრაქტიკული დავალები

მოდით შევასრულოთ მარტივი პრაქტიკული დავალება – დავწეროთ პროგრამა, რომელიც არდუინოს მე-13 პინზე ინტეგრირებულ ნათურას



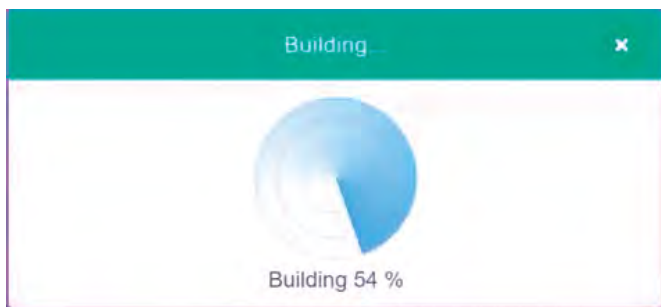
ააციმციმებს. ამისათვის არდუინო მივაერთოთ **USB** პორტის საშუალებით კომპიუტერს და დავაჭიროთ **Connect** მენიუს და ფანჯარაში გამოსულ ღილაკს – **Connect** სამუშაო დაფაზე ბლოკებით დავწეროთ პროგრამა:





შემდეგ ავტომატურად ეს პროგრამა არდუინოზე, რისთვისაც დავაჭიროთ ლილავს **Upload** გამოჩნდება დაგენერირებული კოდი:

ამის მერე დააჭირეთ ლილავს **Upload Code**, დაიწყება ატვირთვის პროცესი



რის შემდეგაც არდუინოზე ინტეგრირებული ნათურა დაიწყებს ციმციმს.



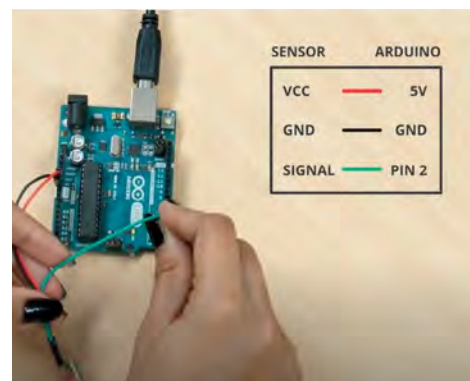
მაგალითად, თუ არდუინოს მე-5 პინზე მიაერთებთ ნათურას და გინდათ ეს ნათურა ააციმციმოთ. პროგრამას ექნება შემდეგი სახე:

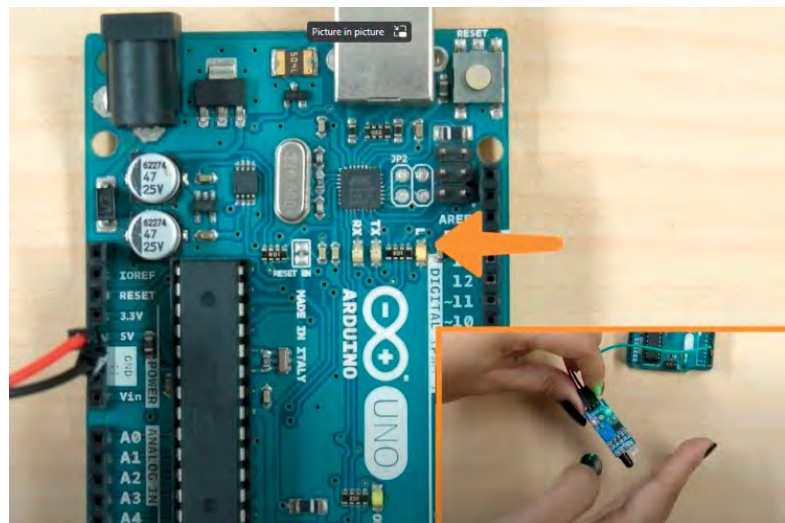


დავალეზა 2.

დავწეროთ პროგრამა, რომელიც არდუინოზე მიერთებულ IR (Proximity – სიახლოვის) სენსორის საშუალებით 13 პინზე ინტეგრირებულ ნათურას აანთებს და ჩააქრობს. როგორც ვიცით სენსორი არის მოწყობილობა რომელიც „ამოიცნობს“ თურა ხდება გარემომცველ გარემოში და/ან აღრიცხავს მას ან მიუთითებს ამაზე.

მივაერთოთ IR (Proximity) სენსორი არდუინოს ქვემოთ მოცემული სურათის მიხედვით:





დადავწეროთ პროგრამა ბლოკების საშუალებით:

აქტივით პროგრამა არდუინოზე

```

1 void _setup() {
2   pinMode(2, INPUT);
3
4   pinMode(13, OUTPUT);}
5
6 void _loop() {
7   }
8
9 void setup() {
10  _setup();
11 }
12
13 void loop() {
14  _loop();
15  if(digitalRead(2)) {
16    digitalWrite(13, false);
17  }
18  else {
19    digitalWrite(13, false);
20  }
21 }
22

```

არდუინოზე პროგრამის აქტივითვის შემდეგ ხელის სენსორთან მიტანის და დაშორების შემდეგ არდუინოზე ინტეგრირებული ნათურა აინთება და ჩაქრება.

ლიტერატურა:

1. STEmpedia|One-stop STEM education solution for students & educators (thetempedia.com) –thetempedia.com
2. PictoBlox – Scratch-Based AI Programming Software for Kids – STEmpedia (thetempedia.com) – thetempedia.com/product/pictoblox
3. სტემის პროექტები – DIY Projects for Kids and Hobbyists – Electronics, Programming, IoT, and Robotics Projects – STEmpedia (thetempedia.com) – thetempedia.com/project

გარეგანი რისკებისა და ნაშთით გაყოფის გამოყენება დაუფრული შეტყობინებების გადასაყვანი



ეკატერინა კორჩინა

მასწავლებელთა პროფესიული
განვითარების ეროვნული
ცენტრის მათემატიკის
ექსპერტ-კონსულტანტი

უამრავ სიახლეთა შორის, რომელიც ჩვენ ელექტრონიკისა და ინფორმაციული ტექნოლოგიების ეპოქამ მოგვითანა, არის ისიც, რომ თითოეული ჩვენთაგანის ყოველდღიური ცხოვრების ნაწილი გახდა ისეთი „ჩვეულებრივ მოკვდავთათვის“ ადრე სრულიად უცხო რამე, როგორიცაა კრიპტოგრაფია, შიფრები თუ საიდუმლო კოდები. როდესაც ჩვენ, მაგალითად, ინტერნეტბანკით ან სულაც ელფოსტით ვსარგებლობთ, არც ვიცით ისე ვიყენებთ სხვადასხვა საკმაოდ რთულ მათემატიკურ თეორიებზე დაფუძნებულ ალგორითმებს, რომლებსაც იშველიებენ კომპიუტერული უსაფრთხოების სისტემები ჩვენი ფულის თუ პირადი ინფორმაციის დასაცავად. სამწუხაროდ ჰაკერული ტექნოლოგიები იმდენად განვითარდა, რომ ასეთი უსაფრთხოების სისტემების გარეშე ჩვენ ჩვენი ანგარიშების გატეხვის მუდმივი საფრთხის ქვეშ ვიქნებოდით.

ამ მრავალრიცხოვან ალგორითმებს შორის ერთ-ერთი განსაკუთრებით საინტერესოა იმით, რომ, მიუხედავად მისი შედარებით ელემენტარული მათემატიკური საფუძვლებისა ის იმდენად სანდოა, რომ დღესაც ფართოდ გამოიყენება. ეს არის ეგრეთ წოდებული RSA კრიპტოსისტემა (ეს სახელწოდება ამ სისტემის გამომგონებლების Rivest, Shamir და Adleman გვარების პირველი ასოებისგანაა შედგენილი). იმის გასარკვევად, რასაც ეს სისტემა ემყარება, სრულიად საკმარისია ჩვეულებრივი არითმეტიკის ცოდნა საშუალო სკოლის დონეზე. უფრო ზუსტად, საკმარისია ნაშთით გაყოფის, მარტივი რიცხვის, რიცხვთა თანამარტივობის და უდიდესი საერთო გამყოფის ცნების შესახებ ცოდნა.

დასაწყისისთვის თავი მოუყაროთ იმ ტერმინების განმარტებებს, რომლებსაც შემდგომ გამოვიყენებთ.

კრიპტოგრაფიული ტერმინები –

ღია ტექსტი: რაიმე მონაცემები, რომელთა დაშიფრვაა საჭირო, ან განშიფრვის შედეგად მიღებული

დაშიფრული ტექსტი: რაიმე შიფრის მეშვეობით ღია ტექსტის გარდაქმნის შედეგი

შიფრი: შექცევად გარდაქმნათა ერთობლიობა, რომელიც აღიწერება გარკვეული რიცხვის (გასაღების) მეშვეობით

გასაღები: შიფრის მახასიათებელი, რომელიც განსაზღვრავს შიფრში შემავალი გარდაქმნის შერჩევას დაშიფრვისას

მათემატიკური ტერმინები

ნაშთები: მოცემული A და B ნატურალური რიცხვებისათვის $A \bmod B$ აღნიშნავს A -ს B -ზე გაყოფისას დარჩენილ ნაშთს. მაგალითად, $12 \bmod 4$ არის 0 , რადგან 12 უნაშთოდ იყოფა 4 -ზე, ხოლო $27 \bmod 7$ არის 6 , ე. ი. 27 -ის 7 -ზე გაყოფისას გვრჩება ნაშთი 6 , რადგან $27 = 7 \times 3 + 6$.

მამრავლებად დაშლა: რიცხვის მარტივ რიცხვთა ნამრავლად წარმოდგენა

უსგ: უდიდესი საერთო გამყოფი

თანამარტივობა: ორ მთელ რიცხვს ეწოდებათ თანამარტივი, თუ 1 არის მათი ერთადერთი საერთო გამყოფი. მაგალითად, 21 და 65 თანამარტივი რიცხვებია, ხოლო 35 და 77 არა.

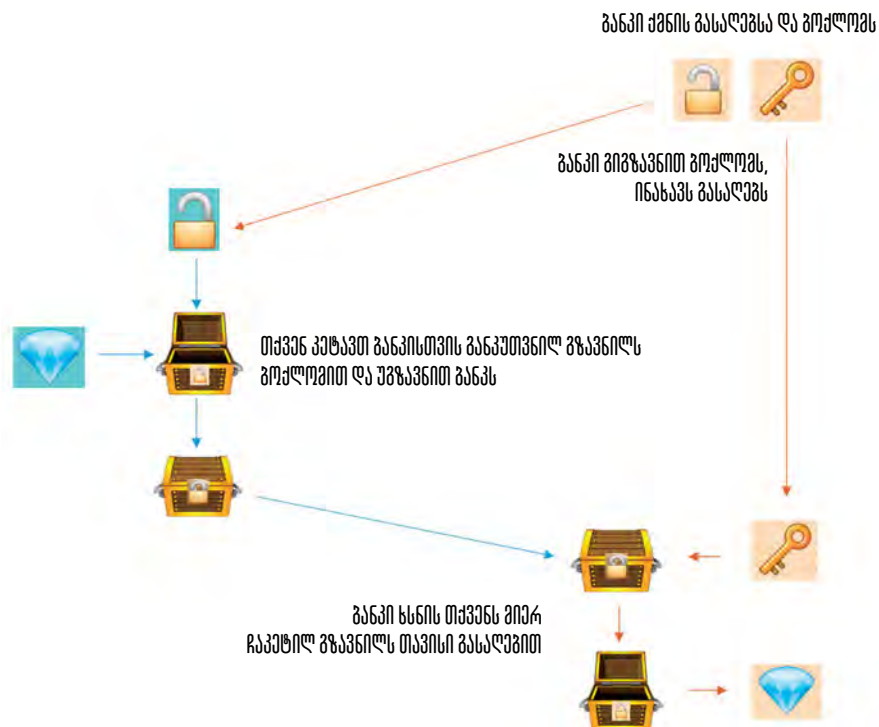
ელიფერის ფუნქცია $\phi(n)$: ყოველი ნატურალური n რიცხვისათვის $\phi(n)$ განისაზღვრება, როგორც n -ზე ნაკლები n -თან თანამარტივი რიცხვების რაოდენობა. მაგალითად, $\phi(15) = 8$, ვინაიდან $15 = 3 \times 5$ -თან თანამარტივია ზუსტად ის რიცხვები, რომლებიც არ იყოფა არც 3-ზე და არც 5-ზე, და 15-ზე ნაკლები ასეთი რიცხვებია 1, 2, 4, 7, 8, 11, 13, 14, ასე რომ მათი რაოდენობა არის 8.

სანამ RSA სისტემის მათემატიკურ აღწერაზე გადავიდოდეთ, მოგიყვებით, თუ რა საერთო პრინციპით მუშაობენ დაშიფრვის სისტემები.

ვთქვათ, თქვენ მოგინდათ თქვენი საბანკო ანგარიშიდან რაიმე გადარიცხვის განხორციელება სახლიდან გაუსვლელად. ამისათვის თქვენს კომპიუტერს ესაჭიროება თქვენი ბანკის კომპიუტერულ ქსელს გაუგზავნოს შეტყობინება ისეთნაირად, რომ მის შინაარსს ვერავინ მიხვდეს. ეს შეტყობინება უნდა დაიშიფროს გარკვეული წესით. დაშიფრვის წესი შეიძლება ყველასათვის ცნობილი იყოს, მაგრამ დაშიფრული შეტყობინების განშიფრვისათვის საჭიროა ე. წ. **გასაღების კოდნა**, რომელიც ბანკის სისტემამ წინასწარ იცის და რომელიც ძალიან ძნელი საპოვნელია. მარტივი ანალოგიისთვის შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, რომ ბანკი თავის მომხმარებლებს ურიგებს გახსნილ „ბოქლომებს“, რომლებიც ყველასთვის მისაწვდომია და რომლების ჩაკეტვა („ჩაწკაპუნება“) ყველას შეუძლია გასაღების გარეშე, მაგრამ შემდეგ ამ ბოქლომის გაღება შეიძლება მხოლოდ იმ გასაღებით, რომელიც ბანკის გარდა არავის არა აქვს. როდესაც მომხმარებელს ჭირდება ბანკისთვის დაცული სხვებისთვის მიუწვდომელი ინფორმაციის გადაგზავნა, ის ათავსებს მას „ყუთში“, რომელსაც კეტავს ამ ბოქლომით, და აგზავნის. თუ ვინმეს მოუწია ამ ინფორმაციის რამენაირად დამახინჯება, ამას ვერ შეძლებს, თუ გასაღები არა აქვს.

ასეთ სქემას მრავალი სხვადასხვა დაშიფრვის სისტემა იყენებს, ისინი განსხვავდებიან ელექტრონული „ბოქლომისა“ და „გასაღების“ მოწყობილობით. რა თქმა უნდა, ეს ანალოგია სიტყვა-სიტყვით არ უნდა გავიგოთ: თუ ფიზიკური ბოქლომი ყველასთვის მისაწვდომია, ნებისმიერი მსურველი შეძლებს თქვენთვის გამოგზავნილი ბოქლომის ასლი დაშალოს და მიხვდეს, თქვენი ბოქლომი როგორ იხსნება. რეალურად, ელექტრონული „ბოქლომის“ დაშლას იმდენად ბევრი დრო სჭირდება, რომ სანამ ვინმე ამას მოახერხებს, თქვენი საბანკო ტრანზაქცია დიდი ხნის დასრულებული იქნება.

აი ამ მოქმედებების სქემატური ნახატი:



ახლა ვნახოთ, როგორაა მოწყობილი RSA კრიპტოსისტემის ბოქლომი და გასაღები.

ორი სიტყვით იდეა ასე შეიძლება ჩამოვყალიბოთ: იოლად მოიძებნება მრავალი ისეთი ძალიან დიდი ნატურალური რიცხვების სამეული E, D, N , რომ ყოველი N -ზე ნაკლები ნატურალური k რიცხვისათვის $(k^E)^D \bmod N = k$

დაამავე დროს თუ ვინმემ იცის, თუ რას უდრის E და N , ან შესაძლოა k^E -ც, მისთვის მაინც ძალიან რთული იქნება D -ს პოვნა. გასაგებია, რომ თუ ეს მართლაც ასეა, მაშინ ჩვენ შევძლებთ გამოვიყენოთ ბოქლომის როლში E და N , თქვენი გზავნილის როლში k , ბოქლომით ჩაკეტილი (ე.ი. დაშიფრული) გზავნილის როლში k^E , ხოლო გასაღების როლში D .

მართლაც, რეალურად ეს ასე მოხდება: ბანკი გიგზავნით E -სა და N -ს, როგორც ბოქლომს, თვითონ კი საიდუმლოდ ინახავს გასაღებ D -ს. თუ თქვენ გასაგზავნი გაქვთ შეტყობინება k , თქვენი კომპიუტერი ანგარიშებს რიცხვს $k^E \bmod N = s$ და გაუგზავნის ბანკს ამ s -ს. ბანკის კომპიუტერი ანგარიშებს რიცხვს $s^D \bmod N$, რომელიც, როგორც ვთქვით, იგივეა, რაც k . არსებობს შანსი, რომ ვინმეს ხელში ჩაუვარდეს ბოქლომიც, ე.ი. E და N , და დაშიფრული შეტყობინებაც, ე.ი. s , მაგრამ თუ მან არ იცის D , ის თქვენს შეტყობინებას k -ს ვერ წაიკითხავს.

ეხლა იწყება ყველაზე საინტერესო: რატომ არსებობს უშველებელი ნატურალური რიცხვების ძალიან ბევრი სამეული E, D, N ამ ჩვენთვის საჭირო საოცარი თვისებებით?

საკვანძო როლს აქ თამაშობს ფაქტი, რომელიც (ისევე როგორც უამრავი სხვა ასეთივე ლამაზი და სასარგებლო მათემატიკური ფაქტი) პირველად აღმოაჩინა ლეონარდ ეილერმა:

ავიღოთ რაიმე თანამართლავი ნატურალური რიცხვები m და n , მაშინ $m^{\varphi(n)} \bmod n = 1$.

ამ თეორემის გამოყენებით, სასურველი E, D, N სამეულის შერჩევა ასეთნაირად ხდება. იღებენ ორ განსხვავებულ ძალიან დიდ მარტივ რიცხვს P და Q ; უშველებელი მარტივი რიცხვების გამოთვლა დღესდღეობით

სირთულეს არ წარმოადგენს. ეს რიცხვები საიდუმლოდ უნდა შევინახოთ. ჩვენი N იქნება მათი ნამრავლი, $N = PQ$. შემდეგ ავირჩიოთ რაიმე E , რომელიც თანამარტივია რიცხვთან $\varphi(N)$. აღნიშნული თანამარტივობის გამო იარსებებს ისეთი რიცხვი D , რომ $DE \bmod \varphi(N)$ ტოლია 1 -ის. ამიტომ, თუ ჩვენი დასაშიფრი შეტყობინება შეესაბამება N -ზე ნაკლებ რიცხვს k , ეილერის თეორემის გამოყენებით მტკიცდება, რომ $(k^E)^D \bmod N = k^{DE} \bmod N = k$.

თუ მეტი დეტალები გაინტერესებთ, მოვიყვან ამ უკანასკნელ დამტკიცებასაც.

ვთქვათ $N = PQ$, სადაც P და Q განსხვავებული მარტივი რიცხვებია. დავიწყოთ $\varphi(N)$ -ის გამოთვლით. შევნიშნოთ, რომ N -ზე ნაკლები რიცხვებიდან მასთან არათანამარტივი იქნება რიცხვები $P, 2P, 3P, \dots, (Q-1)P$ და $Q, 2Q, 3Q, \dots, (P-1)Q$. ამრიცხვთა საერთო რაოდენობაა $Q-1 + P-1 = Q+P-2$. ამიტომ N -ზე ნაკლებ მასთან თანამარტივ რიცხვთა რაოდენობა არის. ამრიგად, $\varphi(PQ) = (P-1)(Q-1)$.

შევნიშნოთ აქვე, რომ რიცხვი n მარტივია მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა $\varphi(n) = n-1$: მართლაც, ეს უკანასკნელი ტოლობა უბრალოდ გვეუბნება, რომ არცერთ n -ზე ნაკლებ რიცხვს არ გააჩნია n -თან საერთო გამყოფი, რაც ცხადია n -ის მარტივობას ნიშნავს.

გავისენოთ ახლა, რომ ჩვენ D და E ისეთნაირად გვაქვს შერჩეული, რომ $DE \bmod \varphi(N) = 1$, ასე რომ $DE = c\varphi(N) + 1$ რომელიღაც c -სათვის. ამიტომ $k^{DE} = k^{c\varphi(N)+1} = k^{c\varphi(N)}k$.

დავყოთ დასამტკიცებელი ორ შემთხვევად – როცა k თანამარტივია N -თან და როდესაც არაა. პირველ შემთხვევაში ეილერის თეორემა გვეუბნება, რომ $k^{\varphi(N)} \bmod N = 1$, ამიტომ აგრეთვე $k^{c\varphi(N)} \bmod N = (k^{\varphi(N)})^c \bmod N = 1$, ასე რომ $k^{DE} \bmod N = k^{c\varphi(N)}k \bmod N = k$.

მეორე შემთხვევაში, ე.ი. თუ k არ არის თანამარტივი N -თან, ის უნდა გაიყოს ან P -ზე ან Q -ზე. ვთქვათ, k იყოფა P -ზე, მაშინ, ცხადია, k^{DE} -ც იყოფა P -ზე, ასე რომ $k^{DE} = k + xP$ რომელიღაც x -ისთვის. ამავე დროს, რადგან k ნაკლებია N -ზე, ის ჯერ გაიყოფა Q -ზე, ვინაიდან $N = PQ$. ამიტომ ეილერის თეორემის ძალით $k^{Q-1} \bmod Q = k^{\varphi(Q)} \bmod Q = 1$. აქედან

$$k^{DE} \bmod Q = k^{c(PQ)+1} \bmod Q = k^{c(P-1)(Q-1)+1} \bmod Q = (k^{Q-1})^{c(P-1)} k \bmod Q = 1^{c(P-1)} k \bmod Q = k \bmod Q.$$

მივიღეთ, რომ $k^{DE} = k + yQ$ რომელიღაც y -ისთვის. ამრიგად, $k^{DE} = k + xP = k + yQ$, საიდანაც $xP = yQ$. მაგრამ P და Q განსხვავებული მარტივი რიცხვებია, ამიტომ უკანასკნელი ტოლობა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ $x = tQ$ და $y = tP$ რომელიღაც t -სათვის. გამოვიდა, რომ $k^{DE} = k + tPQ$, ანუ $k^{DE} \bmod PQ = k$, რის დამტკიცებაც გვინდოდა (ზუსტად ამის მსგავსად ვიმსჯელებდით, თუ k გაიყოფოდა Q -ზე, და არა P -ზე).

ბოლოს, თვალსაჩინოებისთვის მოვიყვანოთ RSA კრიპტოსისტემის მუშაობის „სათამაშო“ მაგალითი. ეს „სათამაშო“ გულისხმობს, რომ ჩვენი მარტივი რიცხვები P, Q და, შესაბამისად, N, E და D სასაცილოდ პატარა იქნება იმათთან შედარებით, რომლებიც რეალურად გამოიყენება ხოლმე. თანამედროვე RSA სქემისთვის იყენებენ რიცხვებს, რომლებსაც ათასობით ციფრი აქვთ, ეგეთები რომ გამოგვეყენებინა, აქამდე რაც გვიწერია ალბათ იმაზე ორჯერ მეტი მოცულობის ტექსტი გამოგვივიდოდა.

მაშასადლე, ვთქვათ უკვე შესული ხართ ინტერნეტბანკში (მომხმარებლის სახელისა და პაროლის გასაგზავნად, ისევე როგორც ბანკიდან თქვენი ანგარიშის შესახებ მიმდინარე მონაცემების თქვენთან გადმოსაგზავნად ბანკი აგრეთვე რაიმე კრიპტოსისტემას იყენებს, მაგალითად იმავე RSAს, ან, შესაძლოა, რაიმე სხვას). თქვენ გინდათ გადაურიცხოთ რაიმე თანხა პიროვნებას პირადი ნომრის მითითებით. გასაგებია, რომ თუ ამ დროს ვინმემ მოახერხა თქვენს ტრანზაქციებში ჩარევა და ეს პირადი ნომერი შეცვალა, თქვენი თანხა შეიძლება სულ სხვა ვინმეს დაუჯდეს ანგარიშზე, ასე რომ ეს ერთ-ერთი მაგალითია იმისა, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ამ დროს დაშიფრვის გამოყენება.

ვთქვათ, იმ პიროვნების პირადი ნომერი, რომელსაც თქვენ თანხას ურიცხავთ, იყოს, მაგალითად, $k = 01008010270$. თქვენს განკარგულებაშია ბანკის მიერ გადმოგზავნილი ელექტრონული „ბოქლომი“, $N = 10969629647$ და $E = 65537$. დაშიფრვის სქემის მიხედვით თქვენი კომპიუტერი შიფრავს თქვენს გასაგზავნ k -ს, რისთვისაც ანგარიშობს რიცხვს $s = 01008010270^{65537} \bmod 10969629647 = 4798763578$. თქვენ უგზავნით ბანკს მიღებულ s რიცხვს. ბანკს შენახული აქვს გასაღები $D = 4675021361$, და მისი სისტემა ანგარიშობს რიცხვს $s^D \bmod N = 4798763578^{4675021361} \bmod 10969629647$, რაც ზუსტად ემთხვევა ჩვენს მიერ გაგზავნილ k -ს.

ავხსნათ ახლა, საიდან მოვიდა ეს საშინელი რიცხვები. სულ თავიდან ბანკის სისტემას არჩეული ჰქონდა ორი მარტივი რიცხვი $P = 104729$ და $Q = 104743$, ჩვენი N , ანუ ბოქლომის ერთი ნაწილი, მათი ნამრავლია, $N = 10969629647 = 104729 \times 104743$. როგორც ვნახეთ, ამ N -ისათვის ეილერის ფუნქციის მნიშვნელობა, ე. ი. $\varphi(N)$ -ზე ნაკლები N -თან თანამარტივი რიცხვების რაოდენობა არის $\varphi(N) = (P-1)(Q-1) = 104728 \times 104742 = 10969420176$. ბოქლომის მეორე ნაწილად, ე. ი. E -დ, გამოდგება ამ უკანასკნელზე ნაკლები და მასთან თანამარტივი ნებისმიერი რიცხვი, ამ შემთხვევაში აღებულია 65537 . გასაღები D არის ისეთი $\varphi(N)$ -ზე ნაკლები რიცხვი, რომ $DE \bmod \varphi(N) = 1$, ე. ი. რომლისთვისაც არსებობს C თვისებით $DE = C\varphi(N) + 1$, ანუ $65537 \times D = 10969420176 \times C + 1$.

მოდით ბარემ ამ მაგალითზე ავხსნათ ისიც, რაც გამოვტოვეთ (თუ შემჩნეული გაქვთ): თუ ორი მთელი რიცხვი E და F თანამარტივია (ჩვენს შემთხვევაში $F = \varphi(N)$), მაშინ მოიძებნება ისეთი მთელი რიცხვები C, D , რომ $DE = CF + 1$.

მართლაც, რადგან E და F თანამარტივები არიან, ეილერის თეორემით $E^{\varphi(F)} \bmod F = 1$, ეს კი ნიშნავს, რომ $E^{\varphi(F)} = 1 + cF$ რომელიღაც c -სათვის. ამიტომ ჩვენ შეგვიძლია ავიღოთ $C = c$ და $D = E^{\varphi(F)-1}$. ოღონდ შევნიშნოთ, რომ ჩვენს შემთხვევაში ეს რიცხვები უზომოდ დიდია, გამორიცხულია მათ რაიმე კომპიუტერი მოერიოს. თავად განსაჯეთ, $\varphi(F) = \varphi(10969420176)$, რაც არის 2728028160 , ასე რომ ლაპარაკია რიცხვზე $65537^{2728028159}$. გერანაირი სუპერკომპიუტერი ამ საშინელებას ვერ დაიტევს. საბედნიეროდ, შეგვიძლია ამ რიცხვის ნაცვლად ავიღოთ მისი ნაშთი F -ზე გაყოფისას, ისიც გამოვადგება: მართლაც, თუ D -დ ავიღებთ არა $E^{\varphi(F)-1}$ -ს, არამედ ნაშთს $D = E^{\varphi(F)-1} \bmod F$, გვექნება ისეთი D , რომლისთვისაც $E^{\varphi(F)-1} = D + bF$, და $1 + cF = E^{\varphi(F)} = E^{\varphi(F)-1}E = (D + bF)E = DE + bEF$, ანუ $DE = 1 + (c - bE)F$, საიდანაც $DE \bmod F = 1$. ასე რომ ეს D -ც გამოდგება ჩვენთვის გასაღებად.

ასე კი მივაღწევთ იმას, რომ ყველა ჩვენი რიცხვი, რაც გამოთვლებისას შეგვხვდება, 10969420176 -ს არ აღემატება, მაგრამ მაინც საკმაოდ ბევრი გვაქვს საანგარიშო, მინიმუმ 2728028159 ცალი გამრავლება უნდა განვახორციელოთ. საბედნიეროდ უმეტეს შემთხვევებში უკვე E -ს $\varphi(F)$ -ზე გაცილებით ნაკლები ხარისხის ნაშთი F -ზე გაყოფისას ხდება 1 -ის ტოლი. ეს მომენტი რომ არ გამოვტოვოთ, ასე მოვიქცეთ: უბრალოდ ვითვალოთ რიგ-რიგობით $E^2 \bmod F, E^3 \bmod F, E^4 \bmod F$ და ასეა შემდეგ. ჩვენ ხომ ვიცით, რომ ადრე თუ გვიან მივიღებთ 1 -ს, ეს მოხდება არაუგვიანეს მე- $\varphi(F)$ -ე ხარისხისა, მაგრამ შეიძლება უფრო ადრეც მოხდეს. ჰოდა როგორც კი მივიღებთ $E^p \bmod F = 1$, ეგრევე ავიღებთ $D = E^{p-1} \bmod F$.

მაშ ასე, ბანკის კომპიუტერი ეძებს გასაღებს. ის რიგ-რიგობით ითვლის

$$\begin{aligned} [E^2 \bmod \varphi(N) = \& \llbracket 65537 \rrbracket^2 \bmod 10969420176 \& = \&4295098369\& \llbracket 65537 \rrbracket^3 \bmod 10969420176 \& \\ = \&1570672817\& \llbracket 65537 \rrbracket^4 \bmod 10969420176 \& = \&145476145\& \llbracket 65537 \rrbracket^5 \bmod 10969420176 \& = \\ \&1643981921\& \llbracket 65537 \rrbracket^6 \bmod 10969420176 \& = \&10967608081\& \llbracket 65 \end{aligned}$$

მივადევით 1 -ს, ასე რომ, როგორც ვთქვით, გამოგვითვლია ჩვენი გასაღები, სახელდობრ შეგვიძლია ავიღოთ $D = 65537^{59201} \bmod 10969420176 = 4675021361$. მართლაც, როგორც მოსალოდნელია, $DE \bmod 10969420176 = 4675021361 \times 65537 \bmod 10969420176 = 1$.

ბოლოს ერთი რამეც შევნიშნოთ. ჩვენ შეგვხვდა ისეთი გამოსახულებები, როგორიცაა, მაგალითად, $4798763578^{4675021361} \bmod 10969629647$. ჩვენ რომ მოვინდომოთ ჯერ გამოვთვალოთ რიცხვი $4798763578^{4675021361}$ და შემდეგ ვიპოვოთ მისი 10969629647 -ზე გაყოფის ნაშთი, არაფერი არ გამოგვივა. რიცხვი $4798763578^{4675021361}$, ცხადია, ვერანაირ კომპიუტერში ვერ ჩაეტევა, მთელი სამყაროც რომ ერთ დიდ კომპიუტერად ვაქციოთ. რეალურად ამ გამოთვლას ასე არავინ არ ატარებს. ამის მაგიერ იქცევით ასე: ჯერ ითვლიან $4798763578^2 \bmod 10969629647 = 5625290518$, შემდეგ

$$5625290518^2 \bmod 10969629647 = 4798763578^4 \bmod 10969629647 = 3140861384, \text{ შემდეგ}$$

$$3140861384^2 \bmod 10969629647 = 4798763578^8 \bmod 10969629647 = 1667852752 \text{ და ასე აღიან}$$

$$4798763578^{2^m} \text{ -მდე, სადაც } 2^m \text{ არის } \mathbb{Z} \text{ -ის უდიდესი ხარისხი, რომელიც ნაკლებია ჩვენთვის საჭირო}$$

$$\text{ხარისხის მაჩვენებელზე } 4675021361 \text{ -ზე. სახელდობრ, ასეთი ხარისხია } 2^{32} = 4294967296. \text{ ასეთნაირად}$$

$$\text{გამოვთვლით } 4798763578^{2^{32}} \bmod 10969629647 \text{ -ს, და დაგვრჩება გამოსათვლელი } 4798763578 \text{ -ის}$$

$$\text{უფრო დაბალი ხარისხი, სახელდობრ ასეთი ხარისხი}$$

$$4798763578^{4675021361 - 2^{32}} \bmod 10969629647 = 4798763578^{380054065} \bmod 10969629647. \text{ აქვლავაგა-}$$

ხარისხებთ კვადრატში სანამ შევძლებთ, გამოვაკლებთ, რითაც კიდევ დავწევთ გამოსათვლელ ხარისხს, და ასე შემდეგ. ბოლოს ყველა მიღებულ რიცხვს გადავამრავლებთ, ისევ და ისევ ყოველ ჯერზე 10969629647 -ზე გაყოფის ნაშთების დატოვებით, რაც საბოლოოდ მოგვცემს გამოსათვლელ სიდიდეს.

ეს, სხვათა შორის, ხსნის იმასაც, თუ რატომ ავირჩიეთ თავიდან E მაინც და მაინც 65537 -ის ტოლი. საქმე იმაშია, რომ მომხმარებელს დაშიფრვისას ხშირად უწევს $k^E \bmod N$ სახის რიცხვების გამოთვლა, და ამწუთას აღწერილი მეთოდისთვის ეს მით უფრო სწრაფად მოხერხდება, $\mathbb{Z}$ -ის ხარისხების რაც უფრო ნაკლებ რაოდენობად იშლება ეს E . მთლად $\mathbb{Z}$ -ის ხარისხი ვერ იქნება, იმიტომ რომ ის თანამართივი უნდა იყოს $\varphi(N)$ -თან, ეს უკანასკნელი კი ლუწია. საუკეთესო შემდეგი შესაძლებლობა კი არის $\mathbb{Z}$ -ის ხარისხს დამატებული 1 . სწორედ ასეთია ბანკის მიერ არჩეული E : $65537 = 2^{16} + 1$.



