

# STEM

განათლება

გუნდისგეოგრაფია • ტექნოლოგია • ინჟინერია • მათემატიკა + ხელოვნება

№2, 2023



# ARDUINO

რეკონსტრუქცია STEM-ში!



განათლებისა და  
მეცნიერების სამინისტრო



სსიპ მასწავლებელთა  
პროფესიული განვითარების  
ეროვნული ცენტრი



# STEM განათლება

N2(4), 2023

განათლების მართვა • განვითარება • ინოვაცია • მათემატიკა • სპორტის განვითარება

განათლების მართვა  
ინოვაციური განვითარების  
პროექტების განხორციელება

## საკრძალში კომპანია:

ნოვარტის მონოპოლიზირებული

გაყიდვები

დავით სონდოვსკი

მანია ზიზინაძე

ეკატერინა კორძაძე

ნინო მარტოვილი

ილია მესტირიშვილი

გიორგი ლომიძე

ქეთი ცერცვაძე

რუსუდან თედორაძე

ნათია არაბული

## მთავარი რედაქტორი

კახა ჟღერტი

## კორექტორი

ნინო უჩაძე

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

ISSN 2720-8591

WWW.TPDC.GE



## რედაქტორის სვეტი

გამარჯობა, კოლეგებო!

მეოთხე ნომერში ვიწყებთ მიკროკონტროლერ არ-  
დუინოსთან მუშაობის, დამოუკიდებლად შესწავლის  
ხელშეწყობის აქტივობების და პროექტების გამოქ-  
ვევებას.

ARDUINO-მ შეცვალა ციფრული სწავლების პროცე-  
სი. მოსწავლეებს და სტუდენტებს მიეცათ შესაძლებ-  
ლობა, თავად შექმნათ ციფრული მოდელები აუდი-  
ტორიებში, სკოლაში, სახლში. მოსწავლეებმა და სტუ-  
დენტებმა დაიწყეს დამოუკიდებლად მუშაობა და ხელ-  
მისაწვდომი რესურსების გამოყენებით ელექტრონი-  
კური პროექტების გაკეთება.

ჩვენი ჟურნალის მეოთხე ნომრიდან დაწყებული,  
შევეცდებით დაგეხმაროთ დამოუკიდებლად შეის-  
წავლოთ ARDUINO-სთან მუშაობა, დააპროგრამოთ  
ის და შექმნათ საინტერესო მოდელები, გაეცნოთ და  
დაეუფლოთ სენსორებს, ელექტროკომპონენტებს,  
რომლებიც საბუნებისმეტყველო საგნებში საინტერე-  
სო STEM პროექტების განხორციელების საშუალებას  
მოგცემთ. დამოუკიდებელი შესწავლის პროცესი  
დაყოფილია ნაბიჯებად და დაგეხმარებათ მოცემული  
ცოდნის გაზიარებაში თქვენს STEM კლუბებში ან სას-  
წავლო პროცესის დროს. თითოეულ ნომერში ვგეგ-  
მავთ სამი-ოთხი თანმიმდევრული სტატიის გამოქ-  
ვევებას რუბრიკით: „შევისწავლოთ ARDUINO და-  
მოუკიდებლად“. აქ თქვენ ნახავთ მეთოდურ რეკო-  
მენდაციებს და საჭირო ელ.ინჟინრული რესურსების  
სრულსა და აქტივობების მიზნობრივ დაგეხმარებას  
რესურსის შესაძენი ცენტრების ბმულები და მოდელებ-  
ის დასაპროგრამირებელი კოდები.

ამ ნომერში ვეცდებით წარმოვაჩინოთ მრავალფე-  
როვანი STEM აქტივობები, რომლებიც დაგეხმარებათ  
არჩევანში, როგორც არაფორმალური (საკლუბო)  
მუშაობის პროცესში, ასევე სასწავლო პროცესში.

თქვენი ყურადღება მიიქცევს ქალბატონ მაია  
ზიზინაძის, ქეთევან ფეიქრიშვილისა და ეკა გოგალა-  
ძის საინტერესო წერილებს, რომლებშიც წარმოჩენი-  
ლია ბიოლოგიის STEM აქტივობები. STEM სწავლების  
ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიზანია, ხელი შეუწყოს  
საბუნებისმეტყველო საგნების არსებითი საკითხების,  
თემების სიღრმისეულ გააზრებას. სწორედ ამ პროცესის  
ხელშეწყობად გამოიყენება ელექტრონიკური ინჟინრისა  
და პროგრამირების ელემენტები. საგნების არსებითი,  
ბუნებრივი ინტეგრაცია არის საბუნებისმეტყველო  
საკითხის ან თემის სიღრმისეული, მრავალსაშუალოანი  
შესწავლა-გააზრების გზა. გისურვებთ წარმატებებს  
თქვენს პროფესიულ საქმიანობაში.

პატივისცემით,

კახა ჟღერტი

STEM ჟურნალის რედაქტორი,

STEM სწავლების მხარდაჭერის პროგრამის მენეჯერი,

კლუბ „ჩხირკედელას“ მასწავლებელი და წევრი

## შინაარსი

შევისწავლოთ დამოუკიდებლად

02 ARDUINO UNO  
მაია ნაკაშიძე

12 ARDUINO UNO-ს  
პირველი პროექტები  
მაია ნაკაშიძე

STEM და ARDUINO-ს პროექტები

20 STEM ამბიციუზობა  
სამონტაჟო ცოდნისა და  
ელ. ინჟინერიის  
ელემენტების ინტეგრირება  
თეკლა პატარიძე

STEM და გეოგრაფია

24 გენური ტექნოლოგიები  
მანვალის ნინა ჯაფარიძე  
მაია ზიზინაძე

31 ტრანსპირაციის  
მნიშვნელობა ქალაქის  
განვითარების პროცესში  
ქეთევან ფეიქრიშვილი

39 როგორ დაგეგმოთ  
STEM საგაკავითილო  
პროცესი  
ეკა გოგალაძე

STEM და მათემატიკა

45 პირველი მენეჯერი,  
STEM კვლევების  
გამოცდილება  
მოსწავლეებში  
დავით ჟღერტი

50 მითი და სკორტი  
ნათია არაბული

კვლევები STEM განათლებაში

54 STEM-ის მხარდაჭერა  
დაწყებით კლასებში და  
პროფესიული  
განვითარების  
მიზნობრივი  
ორმენტირებული  
საინჟინრო დიზაინის  
გამოწვევებზე  
რუსუდან თედორაძე



**გაია ნაკაშიძე**

საბუნებისმეტყველო საგნების მხარდაჭერის (STEM) პროგრამის კოორდინატორი, მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი

# ARDUINO UNO

**შესავალი**

არდუინო წარმოადგენს ელექტრონულ კონსტრუქტორს და მოხერხებულ პლატფორმას სხვადასხვა სახის ელექტრონული მოწყობილობის შესაქმნელად. ის პოპულარულია გამოყენების ფართო არეალის, დაპროგრამების ენის სიმარტივის, ღია კოდისა და არქიტექტურის გამო. არდუინო საშუალებას აძლევს კომპიუტერს, გავიდეს ვირტუალური სამყაროს საზღვრებს გარეთ და გადავიდეს ფიზიკურ გარემოში, მასთან ურთიერთქმედების მიზნით. არდუინოს ბაზაზე შექმნილ მოწყობილობებს შეუძლიათ მიიღონ ინფორმაცია გარემომცველ გარემოზე სხვადასხვა სენსორის მეშვეობით, ასევე შეუძლიათ სხვადასხვა სახის მმართველი ბემოქმედების განხორციელება.

არდუინოს საშუალებით შესაძლებელია საინტერესო, ინტერაქტიული პროექტების შექმნა, მაგალითად, როგორცაა „მოჩვენებების დეტექტორი“, ჯოისტიკით კონტროლირებადი ლაზერი, ელექტრონული კუბი, „ჭკვიანი სახლი“ და მრავალი სხვა. ყველა ეს პროექტი მარტივი გასაკეთებელია და აქვთ ერთი საერთო – ისინი იყენებენ არდუინოს.

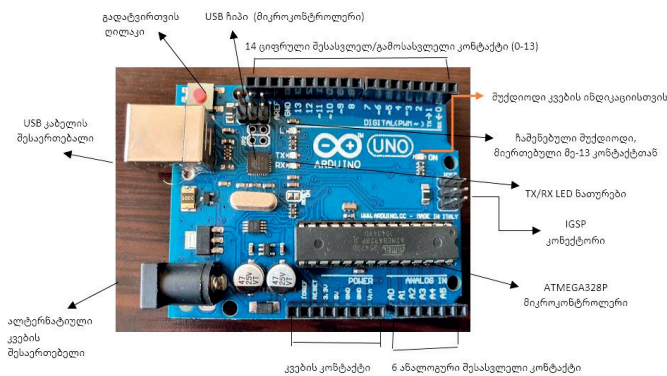
არდუინოს პოპულარობა მისი გამოყენების სიმარტივემ და დაბალმა ფასმა განაპირობა. მოწყობილობა მუშაობს – plug-and-play პრინციპით, რაც ნიშნავს იმას, რომ მომხმარებელს მისი კომპიუტერთან შეერთების მარტივი პროცესის შემდეგ დაუყოვნებლივ შეუძლია შეუდგეს მუშაობას.

არდუინოს პლატფორმის რამდენიმე ვერსია არსებობს. დღეისათვის ყველაზე გავრცელებულია Arduino UNO. მას უმეტესწილად ირჩევენ ადამიანები, რომლებიც მიკროკონტროლერების დაპროგრამების შესწავლას იწყებენ. არდუინო წარმოადგენს დაფას, მასზე განთავსებული კომპონენტებით, რომელთა შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია მიკროკონტროლერი. Arduino UNO აგებულია ATmega328P-ს ბაზაზე. მიკროკონტროლერი ამ პლატფორმის ძირითადი გამოთვლითი სისტემაა. სწორედ მისთვის იქმნება პროგრამული უზრუნველყოფა, რომლის საშუალებითაც ის ურთიერთქმედებს გარე სამყაროსთან მონაცემთა შეტანა/გამოტანის სპეციალური პორტებით. მიკროკონტროლერი არდუინოს „ტვინია“, პატარა კომპიუტერი, რომელიც შეიცავს მიკროპროცესორს, ასრულებს ინსტრუქციებს, გააჩნია სხვადასხვა სახის

მეხსიერება მონაცემებისა და ბრძანებების შესანახად, ასევე შესასვლელი და გამოსასვლელი მონაცემების შეტანა/გამოტანისთვის. Arduino UNO-ს აქვს 20 ციფრული და ანალოგური (6 ანალოგური შესასვლელი, 14 – ციფრული შესასვლელ-გამოსასვლელი) საკონტაქტო გამომყვანი.

**მოწყობილობა**

განვიხილოთ Arduino UNO-ს პლატა და მისი შედარებით ნაწილებების ის ნაწილი, რომლებსაც თითქმის ყველა პროექტზე მუშაობისას გამოვიყენებთ.



სურათი 1: არდუინოს პლატა/პლატფორმა

არდუინო მართავს კომპონენტებს, რომლებსაც თქვენ მას მიუერთებთ, მაგალითად, ძრავები ან შუქდიოდები. შუქდიოდების მართვა ხდება მათზე ინფორმაციის გადაცემით გამომავალი სიგნალის სახით (ინფორმაცია, გამომავალი არდუინოდან). მონაცემებს, რომლებსაც არდუინო კითხულობს მრიცხველიდან, წარმოადგენენ შემავალი ინფორმაციას (ინფორმაცია, შემავალი არდუინოში). არსებობს 14 ციფრული შემავალი-გამომავალი კონტაქტი/პინი (0-13). თითოეული მათგანი შეიძლება იყოს გამოყენებული როგორც შემავალი, ისე გამომავალი კონტაქტად / პინად.

არდუინოს დაფაზე, ზემოთ აღნიშნული გამომყვანების ქვემოთ, მოთავსებულია შუქდიოდები. ისინი ანათებენ, როცა მათში დენი გადის. არდუინოს დაფაზე ოთხი შუქდიოდი: ერთი, რომელსაც აწერია

ON, დაფაზე მარჯვენა მხარესაა მოთავსებული და მასზე მიერთებული ელექტროკვების ინდიკატორს წარმოადგენს, დანარჩენი სამი მარცხენა მხარეს, ერთმანეთის მიყოლებითაა განთავსებული.

- TX/RX LED ნათურები – მიმდევრობითი კომუნიკაციის შუქდიოდები
- Flash LED – L შუქდიოდი (ჩაშენებული შუქდიოდი, მიერთებული მე-13 კონტაქტთან)
- Power ON LED – შუქდიოდი ელექტროკვების ინდიკაციისთვის

RX და TX შუქდიოდები იმ შემთხვევაში ინთება, როდესაც ხდება მონაცემების გაცვლა არდუინოს დაფასა და მიმდევრობითი პორტისა და USB-ს მეშვეობით ჩართულ მოწყობილობებს შორის. შუქდიოდი მიერთებულია მე-13 საკონტაქტო გამომყვანთან. ამ შუქდიოდებისგან მარცხნივ მოთავსებული მცირე ბომის შავი კვადრეტი მიკროკონტროლერია, რომელიც USB ინტერფეისს მართავს. სწორედ ეს მიკროკონტროლერი აძლევს საშუალებას არდუინოს დაფას გააგზავნოს მონაცემები კომპიუტერზე ან მიიღოს ისინი კომპიუტერიდან.

როგორც ეს ზოგჯერ ხდება კომპიუტერების შემთხვევაში, არდუინოს დაფასაც შეიძლება დასჭირდეს გადატვირთვა. Reset ლილაკი სწორედ ამისთვისაა საჭირო.

**კვება**

Arduino UNO-ს კვების მიღება შეუძლია კომპიუტერზე მიერთებული USB კაბელიდან ან/და გარე კვების წყაროდან. გარე კვება (არა USB-დან) შეიძლება მიწოდებულ იქნას ან ძაბვის გარდამქმნელიდან AC/DC (კვების ბლოკი) ან აკუმულიატორული ბატარეიდან. ძაბვის გარდამქმნელი მიუერთდება 2.1 მმ-იანი გასართის მეშვეობით ცენტრალური დადებითი პოლუსით. ბატარეიდან წამოსული გამტარების

მიერთება ხდება კვების გასართის GND და Vin გამომყვანებთან. დაფის მიერ კვების წყაროს არჩევა ხდება ავტომატურად.

- სამუშაო დაბვა 5 v;
- შესასვლელი დაბვა (რეკომენდირებული) 7-12 v;

დაბვის გამომყვანები:

- VIN – ეს შესასვლელი გამოიყენება კვების მიწოდების დროს გარე წყაროდან (5 ვოლტის არ არსებობის შემთხვევაში USB გასართიდან ანდა სხვა რეგულირებადი კვების წყაროდან). კვების დაბვის მიწოდება ხდება ამ აღნიშნული გამომყვანის გავლით;
- 5v – რეგულირებადი კვების დაბვა, რომელიც გამოიყენება მიკროკონტროლერისა და დაფის სხვა კომპონენტების კვებისთვის. კვება შეიძლება მიწოდებულ იქნას VIN გამომყვანის გავლით ან USB გასართიდან, ან/და სხვა რეგულირებადი 5 ვ-იანი დაბვის წყაროდან;
- 3V3 – 3.3 ვოლტის ტოლი დაბვა გამომყვანზე. მისი გენერირება ხდება პლატაზე ჩაშენებული რეგულატორის მიერ. მაქსიმალური მოხმარების დენი 50 მა.
- GND – დამიწების გამომყვანები.

დაპროგრამების მერე შეგვიძლია არდუინო გამოვაერთოთ კომპიუტერიდან და კვების წყაროდ გამოვიყენოთ ელემენტები.



სურათი 2: 9 ვოლტიანი ბატარეა არდუინოსთვის კვების მისაწოდებლად

### რაზე არდუინო?

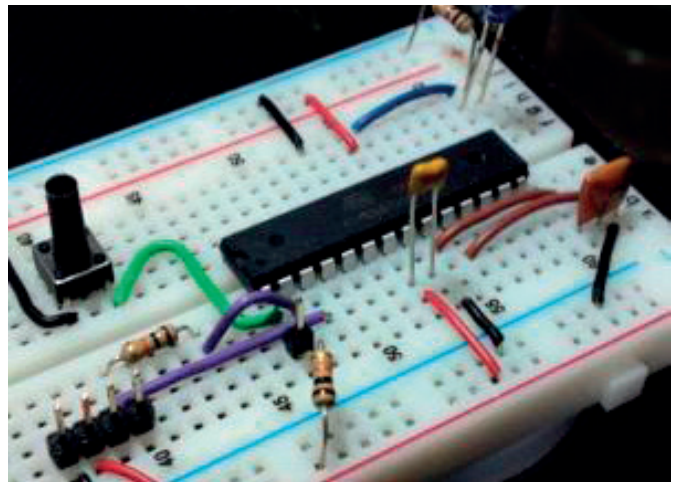
მსოფლიოში არსებობს მიკროკონტროლერებისა და მათი პლატფორმების დიდი რაოდენობა. ბევრი მათგანი მეტად ამარტივებს მიკროკონტროლერის (მკკ) დაპროგრამების და ამუშავების პროცესს. არდუინოს მიზანი და ძირითადი ხიბლის ზუსტად ეს არის: მუშაობის გამარტივება. მისი ძირითადი უპირატესობა შემდეგშია:

დაბალფასიანი – სხვებთან შედარებით, არდუინოს პლატფორმა საკმაოდ იაფია. ასევე, ლიად ხელმისაწვდომია დაფის ნახაზები და ყოველგვარი ინფორმაცია. ადამიანს შეუძლია თავისივე ხელით ააწყოს და აამუშაოს ეს დაფა.

არდუინოს პროგრამული უზრუნველყოფა მუშაობს როგორც Linux-ზე, ასევე Windows-ზე.

არდუინოს ყველა პროგრამული ნაწილის კოდის წყარო თავისუფალ წვდომაშია ყველა მსურველისთვის. პროგრამული ენის შესაძლებლობა შეიძლება გაფართოვდეს C++ ბიბლიოთეკების მეშვეობით.

ისიც კი შესაძლებელია, რომ მცირე გამოცდილების ადამიანმა აიღოს სამაკეტო დაფა და მასზე თვითონ ააწყოს იაფფასიანი არდუინო სისტემა (იხ. სურათი 3), ეს სასარგებლოა მისი მუშაობის პრინციპების შესასწავლად.

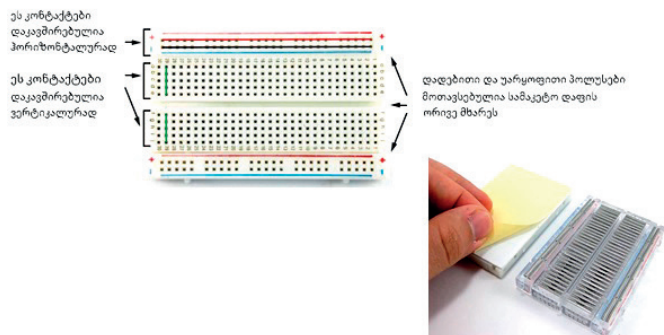


სურათი 3.

**სამაკეტო დაფა**

სამაკეტო დაფა (მას ფიჭურ დაფასაც უწოდებენ) წარმოადგენს კონსტრუქციულ საფუძველს ელექტრონიკის პროტოტიპების შესაქმნელად. აქ წარმოდგენილი ყველა პროექტისთვის მირჩილვის ნაცვლად ვიყენებთ სამაკეტო დაფას.

სახელწოდება „სამაკეტო დაფა“ ჯერ კიდევ იმ დროიდან არსებობს, როცა პროექტები ელექტრონიკის მიმართულებით იქმნებოდა ხის დაფებზე. ხეში ამავრებდნენ პატარა ლურსმნებს, რომლებზეც კომპონენტების მისაერთებლად ახვევდნენ გამტარს, მირჩილვის გარეშე. თანამედროვე სამაკეტო დაფა, ისეთი, როგორიც ნახვენებია მეოთხე სურათზე, დამზადებულია პლასტიკისგან, წინასწარ დატანილი ხვრელებით (ე.წ. დასამაგრებელი წერტილებით). ამ ხვრელებში, ასევე წინასწარ დატანილი მომჭერებით, მაგრდება კომპონენტები ან სამაკეტო მავთულები (იგივე გამტარები, ჯამფერები). ეს წერტილები ერთმანეთთან დაკავშირებულია დაფის ქვეშ დატანილი გამტარი ზოლებით.



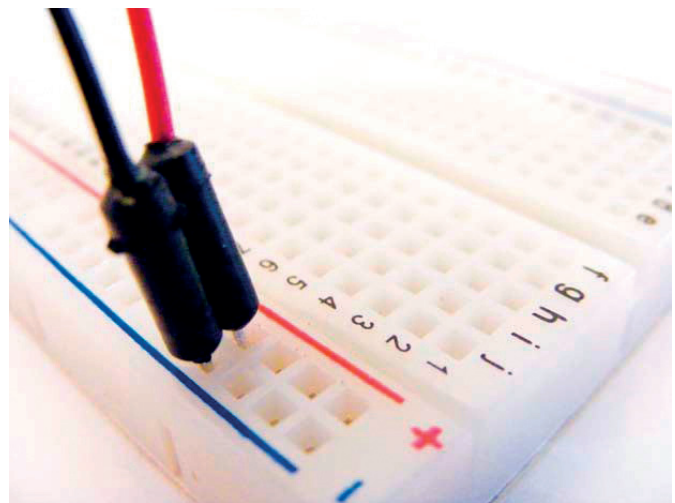
სურათი 4: სამაკეტო დაფა. კავშირები

სამაკეტო დაფა არსებობს სხვადასხვა ზომის. ჩვენ მიერ შემოთავაზებული პროექტების შესაქმნელად თქვენ დაგჭირდებათ ოთხი სამაკეტო დაფა: ორი – 830 ხვრელით, ერთი – 420 და ერთიც, პატარა – 170 ხვრელით. დიდი, 830-ხვრელიანი სამაკეტო დაფა იდეალურია ისეთი პროექტების შესაქმნელად, რომლებშიც გამოიყენება LCD ეკრანი ან დიდი რაოდენ-

ობის კომპონენტები. ხოლო 420 და 170 ხვრელიანი დაფები უკეთესია პატარა პროექტებისთვის. ჩვენ მიერ შემოთავაზებული პროექტებისთვის რეკომენდაციას ვუწევთ მე-4 სურათზე ნახვენებ სამაკეტო დაფას წითელი და ლურჯი ზოლებით და ცენტრალური გამყოფით.

სამაკეტო დაფის მთავარ სივრცეს აქვს ერთმანეთთან ვერტიკალურად დაკავშირებული მიერთების წერტილების (ხვრელების) 30 სვეტი. სამაკეტო დაფის ცენტრში არის გამყოფი ზოლი.

დაფის ქვემოთ და ზემოთ არსებული წითელი და ლურჯი ზოლებიდან ხდება დაფის ცენტრალურ/ძირითად სივრცეზე განთავსებული კომპონენტებისთვის კვების მიწოდება (იხილეთ სურ. 5). კვების წითელი და ლურჯი ზოლები ყველა ხვრელს ჰორიზონტალურად აკავშირებს ერთმანეთთან. წითელი ზოლი განკუთვნილია დადებითი, „+“ პოლუსისთვის, ლურჯი – „-“ პოლუსისთვის (ე.წ. დამიწებისთვის, GND).



სურათი 5. დადებითი და უარყოფითი პოლუსებით ძაბვის შეყვანა სამაკეტო დაფაში

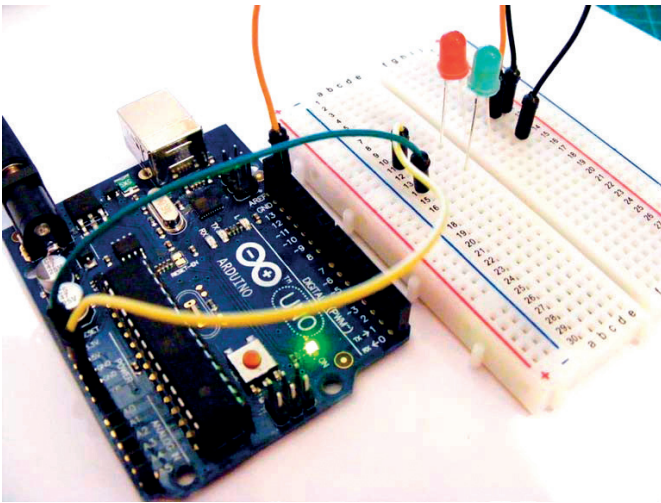
**რჩევა**

ჩვეულებრივ, + პოლუსისთვის (სამაკეტო დაფაში რომ შევიყვანოთ „+“), იოლად რომ განვასხვავოთ ერთმანეთისგან, გამოვიყენოთ წითელი ფერის გამტარი, ხოლო დამიწებისთვის („-“ პოლუსისთვის, GND) – შავი. დანარჩენი გამტარების ფერები შევიძლიათ შეარჩიოთ თქვენი სურვილისამებრ.

## ჯამჯამი

სამაკეტო დაფაზე შეერთებების შესაქმნელად ვიყენებთ ჯამფერებს/გამტარებს ორივე ბოლოზე პლასტმასის თავებით, რაც აიოლებს დაფის ხვრელებში მის ჩამაგრებასა და ამოძრობას. თქვენ შეგიძლიათ ჩვეულებრივი გამტარების გამოყენებაც. თუმცა, ამ შემთხვევაში, გამტარი უნდა იყოს ერთწვერიანი, რომ არ გაგიჭირდეთ მისი სამაკეტო დაფის ხვრელში ჩამაგრება.

როცა თქვენ სამაკეტო დაფის ხვრელში ამაგრებთ ჯამფერს, მას იჭერს დაფის ქვეშ დატანილი მამბარული მომჭერი. ამით თქვენ ქმნით ელექტრულ შეერთებას/კავშირს რიგში, რომელიც, ჩვეულებრივ, ხუთი ხვრელისგან შედგება. შემდეგ, მეზობელ ხვრელში შეგიძლიათ მოათავსოთ კომპონენტი სქემის შესაქმნელად, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-6 სურათზე.



სურათი 6: სამაკეტო დაფის სქემის მაგალითი

## არდუინოს პროგრამირება

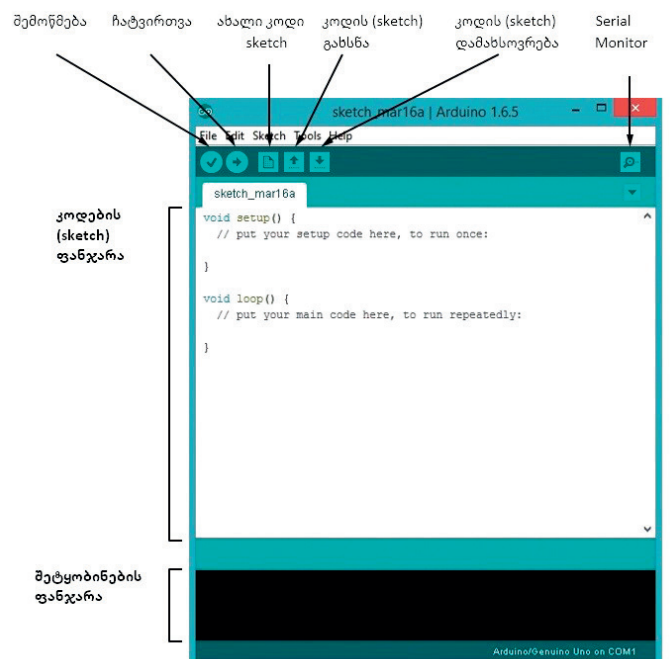
თუ გვინდა, რომ ჩვენმა პროექტმა შეასრულოს ჩვენ მიერ მიცემული დავალება, აუცილებელია დაიწეროს პროგრამა, რომელიც ინსტრუქციას მისცემს არდუინოს. ამისათვის არსებობს ინსტრუმენტი, სახელწოდებით, არდუინოს პროგრამირების გარემო (IDE). Arduino IDE შესაძლებელია ჩამოტვირთოთ

ვებგვერდიდან: <https://www.arduino.cc/>. ეს საიტი ხელმისაწვდომია როგორც Windows-თვის, ისე OS X и Linux-თვის. ეს საშუალებას გვაძლევს დაწვეროთ კომპიუტერული პროგრამები (ნაბიჯ-ნაბიჯ ინსტრუქციების ნაკრები, რომელსაც არდუინოს სამყაროში კოდებს/Sketch უწოდებენ), რომლებიც არდუინოში ჩაიტვირთება USB კაბელის მეშვეობით. არდუინო შეასრულებს ინსტრუქციებს გარე სამყაროსთან ურთიერთქმედების საფუძველზე.

## ARDUINO (IDE) – პროგრამირების გარემო IDE ინსტალაციის

გახსნილი პროგრამირების გარემო (Arduino IDE) უნდა გამოიყურებოდეს დაახლოებით ისე, როგორც ეს მე-7 სურათზეა ნაჩვენები.

პროგრამირების გარემოს ზედა ნაწილში მოცემულია ორი ბოლი-მენიუ და ინსტრუმენტების პანელი, ყველაზე ხშირად გამოსაყენებელი ფუნქციებით; შემდეგ, ცენტრში (დიდი თეთრი ფანჯარა), პროგრამული კოდის (sketch) ფანჯარა; ქვედა ბოლში კი აისახება არდუინოს კომპიუტერთან დაკავშირების ინფორმაცია და შეცდომები – გიჩვენებთ, სწორად არის თუ არა შედგენილი თქვენი პროგრამული კოდი – sketch.



სურათი 7: პროგრამირების გარემო (IDE)



## შენიშვნა

ვინაიდან IDE ვერსიები საკმაოდ სწრაფად იცვლება, აქარ შემოვთავაზებთ მისი დაყენების ინსტრუქციას. თქვენ თავად უნდა მოძებნოთ მისი მარტივი ვერსიის დაყენების საშუალება. IDE-ის ყველა ვერსია და მისი დაყენების სრული ინფორმაცია თქვენი ოპერაციული სისტემისთვის ხელმისაწვდომია საიტზე: <https://www.arduino.cc/>.

### ლილაკების განმარტება:

**Verify** – ამოწმებს პროგრამული კოდების სისწორეს არდუინოში ჩატვირთვამდე.

**Upload** – ჩატვირთავს sketch-ის ფანჯარაში არსებულ კოდს არდუინოში. შემდგომი გაუგებრობების თავიდან აცილების მიზნით, ჩატვირთვამდე დარწმუნდით, რომ არდუინოს ტიპი სწორად გაქვთ შერჩეული.

**New** – ხსნის ახალ „ფურცელს“ ახალი sketch-ის შესაყვანად. IDE შეგეკითხებათ, რა უნდა დაერქვას ახალ sketch-ს და სად იქნება ის შენახული.

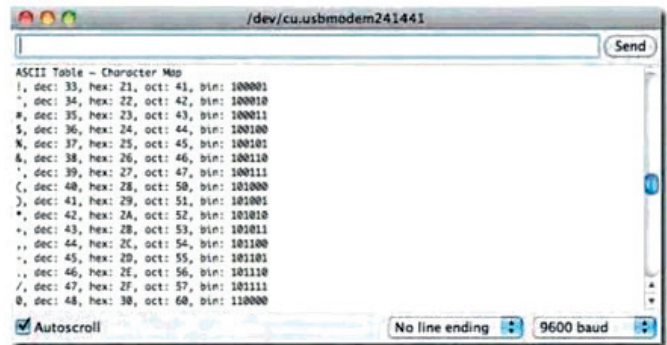
**Open** – გახსნის შენახულ sketches-ს.

**Save** – შეინახავს sketch-ის ფანჯარაში შეყვანილ კოდს sketch ფაილში. შენახვის დამთავრების შემდეგ კოდების ფანჯარაში გამოვა შეტყობინება “Done Saving”.

ასევე, წესად შემოიღეთ ყოველი sketch-ის შემოწმება შენახვის წინ და შეინახეთ არდუინოში ჩატვირთვამდე.

**Serial Monitor** – საჭირო ინსტრუმენტი კოდებზე სამუშაოდ და შეცდომების გასასწორებლად. მისი საშუალებით შესაძლებელია არდუინოდან გამოზავნილი მონაცემების კონტროლი. ასევე, მისი საშუალებით შესაძლებელია ინფორმაციის გაგზავნა არდუინოზე. Serial Monitor-ის მუშაობის მაგალითი იხ. მე-8 სურათზე. ქვედა მარჯვენა კუთხეში მოცემულია არდუინოსა და კომპიუტერს შორის გადაცემა/მიღების სიჩქარე ბიტი წამში (ბიტი/წმ). სტანდარტული

სიჩქარე 9600baud ანუ 9600ბიტი/წმ. რადგან ერთი სიმბოლო იკავებს 8 ბიტს, ამიტომ 9600ბიტი/წმ ტოლია 1200სიმბოლო/წმ ან/და 1200ბაიტი/წმ.



სურათი 8: serial window მუშაობის დროს

ბედა ნაწილში განლაგებულია ფანჯარა, სადაც შეიძლება ტექსტის შეყვანა და Send ლილაკით არდუინოზე გაგზავნა.

IDE-ს ქვედა ნაწილში განთავსებულია ფანჯარა, სადაც შეიძლება შეცდომების ნახვა (წითლად მონიშნული ტექსტი) მაშინ, როდესაც IDE ცდილობს არდუინოსთან შეერთებას, ან კოდების ჩატვირთვას, ან კოდების სისწორის შემოწმებას. ამ ფანჯრის მარცხენა მხარეს გამოისახება ნომერი, რომელიც შეესაბამება შეცდომის ადგილმდებარეობას, რაც აადვილებს ამ შეცდომების მოძებნას და გასწორებას.

### არდუინოს კოლაჟი (SKETCHES)

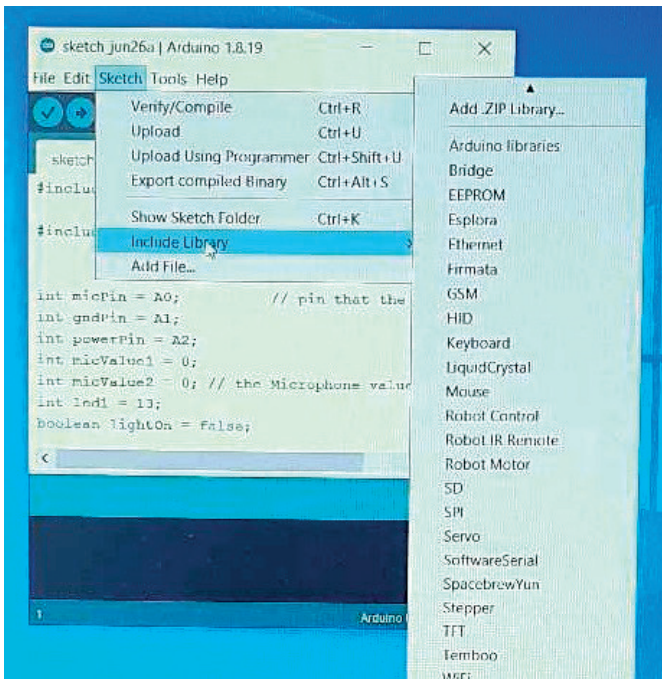
როგორც ნებისმიერი კომპიუტერული პროგრამა, კოდებიც წარმოადგენს ინსტრუქციების მკაცრად განსაზღვრულ ნაკრებს და ძალიან მგრძნობიარეა შეცდომების მიმართ. იმაში დასარწმუნებლად, რომ კოდი სწორად ჩასვით კოდის ფანჯარაში, დააჭირეთ ლილაკს „შემოწმება“ (პროგრამირების გარემოს ბედა მარჯვენა კუთხე). იმ შემთხვევაში, თუ კოდი შეცდომით არის ჩაწერილი, ინფორმაცია გამოგიჩინდებათ პროგრამირების გარემოს ქვედა ბოლში (შეტყობინების ფანჯარა) და გაცნობებთ, სწორად არის თუ არა შედგენილი კოდი.

## ბიბლიოთეკები

ბიბლიოთეკა პროგრამირების გარემოში შეგიძლიათ ნახოთ მენიუ Sketch-ში, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-9 სურათზე. მენიუ Sketch-ზე დაწკაპუნებისას ჩამოიშლება პატარა ფანჯარა, სადაც ნახავთ Include Library-ს, რომელიც გიჩვენებთ ხელმისაწვდომ ბიბლიოთეკებს. მაგალითად, ბიბლიოთეკა LiquidCrystal საშუალებას მოგცემთ იმუშაოთ LCD ეკრანთან.

Library არის კოდების კრებული, რომლებიც საჭიროებისამებრ შეიძლება ჩართული იყოს თქვენს sketch-ში, რომ გაფართოვდეს, გაძლიერდეს თქვენი პროექტის შესაძლებლობები. ამით დაზოგავთ დროს და შეძლებთ თქვენ მიერ ან სხვისი შექმნილი კოდის გამოყენებას სხვადასხვა პროექტებში.

ჩვენ მიერ შემოთავაზებული პროექტების შესაქმნელად დაგჭირდებათ შემდეგი ბიბლიოთეკების იმპორტირება: RFID, Tone, Pitches, Keypad, Password, Ultrasonic, NewPing, IRRemote, and DHT. ყველა საჭირო ბიბლიოთეკის ჩამოტვირთვის ინსტრუქციას შემოგთავაზებთ კონკრეტულ პროექტზე მუშაობის პარალელურად. ბიბლიოთეკების ჩამოტვირთვის



სურათი 9: ბიბლიოთეკები

შემდეგ საჭიროა მათი ინსტალაცია Arduino UNO 1.8.19 ვერსიაში.

## არდუინოს შერევა

### მოხიშვითი ინდიკატორი და LED ნათურა

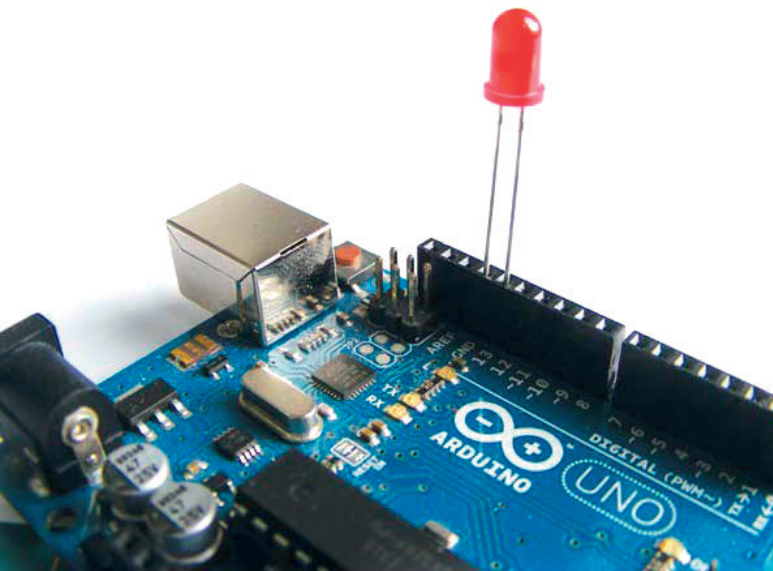
არდუინოსთან მუშაობის დაწყებამდე, გთავაზობთ რამდენიმე საჭირო ინფორმაციას, რომელიც აუცილებლად უნდა იცოდეთ. მოდიოთ, შევხედოთ მოწყობილობას და პროგრამულ უზრუნველყოფას, რომელიც დაგჭირდებათ პროექტებზე სამუშაოდ. საჭიროა ჯერ შეამოწმოთ არდუინო მარტივი შუქდიოდის საშუალებით, გამოიმუშაოთ უნარჩვევები, რომლებიც დაგეხმარებათ დარჩილვასა და სასარგებლო კოდების ბიბლიოთეკის ჩატვირთვაში.

ჩვენ უკვე გავცანით არდუინოს პროგრამირების გარემოს (IDE), მის ინტერფეისს. ახლა დროა გავაკეთოთ მისი პირველი, კლასიკური პროექტი – შუქდიოდის ციმციმი. ეს საშუალებას მოგცემს არა მარტო შევამოწმოთ, როგორ მუშაობს ჩვენი არდუინო, არამედ გავცნოთ მარტივ კოდს/sketch-ს. Sketch – ეს არის მხოლოდ ინსტრუქციების სერია. არდუინოს ერთდროულად შეუძლია მხოლოდ ერთი კოდის/sketch-ის დამახსოვრება. ამიტომ, მისი დამახსოვრების შემდეგ, რამდენჯერაც აამუშავებთ არდუინოს, შესრულდება ეს sketch/კოდი, ვიდრე ახალს არ ჩაწერთ.

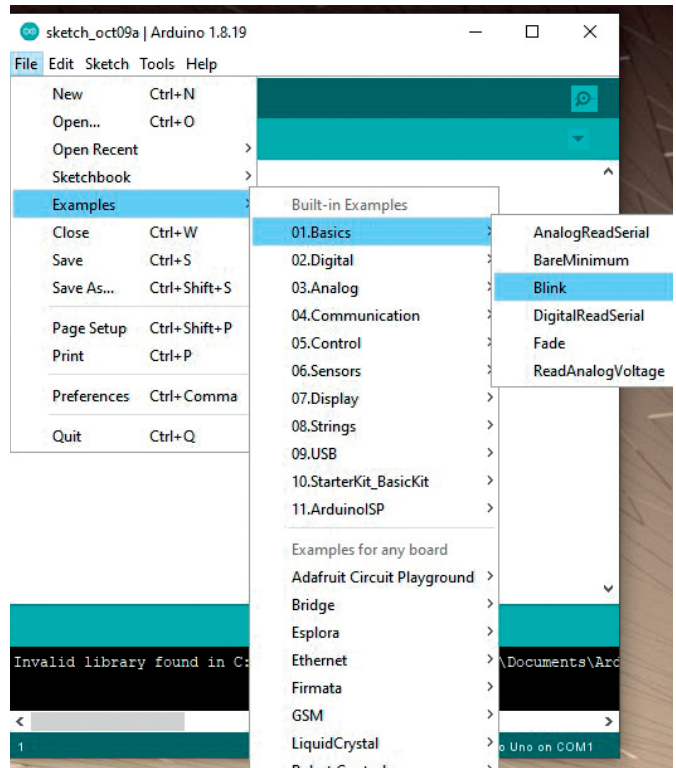
ამჯერად ჩვენ მაგალითად ავიღებთ არდუინო IDE-ს მიერ შემოთავაზებულ საბაზო პროექტს Blink – შუქდიოდის ციმციმი. ამისთვის დაგჭირდება ერთი LED ნათურა, რომელიც ერთწამიანი ინტერვალით აინთება და ჩაქრება. **შუქდიოდებს ესაჭიროებათ წინააღობა, სხვა შემთხვევაში ისინი გადაიწვებიან. ასეთი წინააღობა არდუინოში ჩაშენებულია მე-13 პინში.**

მაშ, ასე, გავყვეთ ნაბი-ნაბი:

1. LED ნათურის გრძელი ფეხი (დადებითი პოლუსი, +5 ვ., იგივე ანოდი) მიუერთეთ მე-13 პინს, ხოლო მეორე ფეხი (უარყოფით პოლუსი, იგივე კათოდი) – GND-ს (ე.წ. დამიწება), როგორც ეს ნაჩვენებია მე-10 სურათზე;



სურათი 10: პროექტი Blink



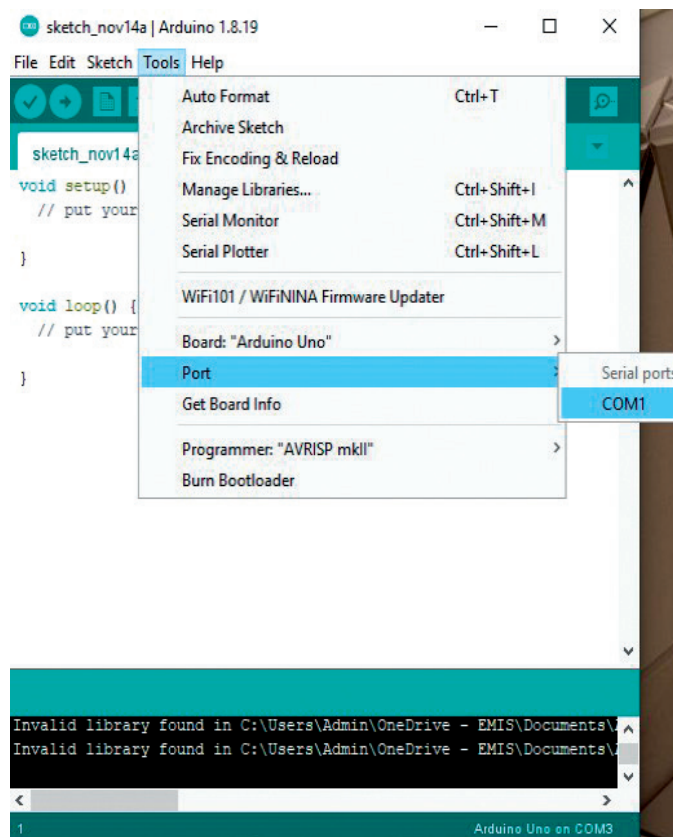
სურათი 11: როგორ მოცდებნოთ კოდი Blink არდუინოში.

### გაფრთხილება

ყოველი პროექტის აწყობისა და დაშლის დროს არდუინო უნდა იყოს გამორთულ მგომარეობაში.

2. დაუკავშირეთ არდუინო USB კაბელით თქვენს კომპიუტერს;
3. შეამოწმეთ, დაკავშირებულია თუ არა არდუინო პორტთან (იხ. მე-12 სურათი);
4. ჩასვით პროგრამული კოდი – sketch არდუინო IDE-ს კოდის/sketch-ის ფანჯარაში

როგორც ნაჩვენებია მე-11 სურათზე (File-Examples-Basics-Blink);



სურათი 12: არდუინოს დაკავშირება პორტთან.

5. დააწკაპუნეთ ღილაკზე **Verify**, რომ დარწმუნდეთ კოდის/sketch-ის მუშაობაში (სწორია თუ არა კოდი);
6. დააწკაპუნეთ ღილაკზე **Upload**, რომ კოდი/sketch ჩაიტვირთოს არდუინოში.

### SKETCH-ის განვარტება

პირველი სტრიქონი არის კომენტარი. ნებისმიერი სტრიქონი, რომელიც თქვენს პროგრამაში იწყება ნიშნით //, განკუთვნილია მხოლოდ მომხმარებლისთვის და მას არდუინო არ კითხულობს. ის გამოიყენება შენიშვნებისა და კოდის აღწერისთვის (კოდის კომენტარება). თუ კომენტარი ერთ სტრიქონზე მეტია, მაშინ პირველი სტრიქონი იწყება სიმბოლოთი /\* და სრულდება \*/ სიმბოლოთი. მთელი ტექსტი, რაც ამ სიმბოლოთა შორის იქნება, არდუინოს მიერ იგნორირდება.

მეორე სტრიქონი გვეუბნება, რომ ამ კოდში მე-13 გამომყვანმა პინმა მიიღო სახელწოდება LED. რამდენჯერაც Sketch-ში ნახსენები იქნება LED, ის ყოველთვის შეეხება მე-13 პინს.

**void setup** (მოთავსდება პარამეტრების დასაყენებელი კოდი) ნიშნავს, რომ კოდი/Sketch, მოქცეული ფიგურულ ფრჩხილებში {}, რომელიც მოსდევს შეტყობინებას, პროგრამის გაშვებისას შესრულდება მხოლოდ ერთხელ. სიმბოლოთი { იწყება კოდის/Sketch-ის წერა.

**PinMode** ფუნქციით განვსაზღვრავთ საკონტაქტო გამომყვანს, რომელთანაც ვმუშაობთ და მის მდგომარეობას (INPUT ან OUTPUT). pinMode ფუნქციის არგუმენტებია 13 და OUTPUT. თუ ვკითხულობთ ინფორმაციას საკონტაქტო გამომყვანიდან, ეს იქნება INPUT, თუ ვწერთ ინფორმაციას საკონტაქტო გამომყვანში, მაშინ გვექნება OUTPUT. რადგანაც ჩვენ ვწერთ (ვაგზავნით) მე-13 გამომყვანში ინფორ-

მაციას, ამიტომაც pinMode ფუნქციის არგუმენტი იქნება OUTPUT. pinMode(LED, OUTPUT) ბრძანებით საკონტაქტო გამომყვანის კონფიგურირება ხდება, როგორც გამოსასვლელის. ე.ი. ის ატყობინებს არდუინოს, რომ მე-13 პინი გამომავალია, რაც ნიშნავს, რომ ჩვენ გვინდა კვება მივაწოდოთ LED ნათურას (შუქდიოდს). სიმბოლო } ამთავრებს კოდს.

**void loop** (აქ მოთავსდება ძირითადი კოდი) ქმნის ციკლს. ფიგურულ ფრჩხილებში მოქცეული ინფორმაცია პროგრამის გაშვებისას განმეორდება ციკლურად, დაუსრულებლად, ვიდრე არ გავთიშავთ არდუინოს.

loop() ფუნქციის შიგნით ვწერთ **digitalWrite** ფუნქციას. მისი საშუალებით შუქდიოდის ჩართვა ან გამორთვა შეგვიძლია. ჩვენ ვაგზავნით, ვთქვათ 5v სიგნალს მე-13 საკონტაქტო გამომყვანზე, მაშინ არგუმენტად ვწერთ HIGH-ს. ეს ნიშნავს რომ ამ დროს შუქდიოდი ინთება.

შემდეგ პროგრამაში ვრთავთ delay ფუნქციას, რომელიც ON და OFF მდგომარეობას შორის დაყოვნებას უზრუნველყოფს. ამ ფუნქციის პარამეტრი მილიწამებშია მოცემული. ჩვენ შემთხვევაში, დაყოვნების დრო იქნება 1000 მილიწამი (1 წამი).

მერვე სტრიქონში ვცვლით digitalWrite ფუნქციას და მე-13 საკონტაქტო გამომყვანზე არგუმენტად ვწერთ LOW-ს. ეს ნიშნავს, რომ ამ დროს შუქდიოდს კვება აღარ მიეწოდება და ის ჩაქრება.

მეცხრე სტრიქონში კვლავ ვუთითებთ delay ფუნქციას და დაყოვნების დრო იქნება 1000 მილიწამი (1 წამი).

მეათე სტრიქონის ეს სიმბოლო } ნიშნავს ციკლის დასრულებას.

კოდის წერისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ყველა ნიუანსს: ასომთავრულ ასოებს, წერტილ-მძიმეს, კოდების მოთავსებას სიმბოლოებში {}... ნებისმიერი გადაცდომა არდუინოს მიერ

აღიქმება, როგორც შეცდომა და პროგრამა არ იმუშავებს.

როგორც პროგრამის კოდიდან ჩანს, ჯერ უნდა მოხდეს შუქდიოდის ანთება, შემდეგ 1 წამის განმავლობაში ხდება დაყოვნება ანუ შუქდიოდი რჩება ანთებულ მდგომარეობაში, ამის შემდეგ შუქდიოდი ჩაქრება და მისი ჩამქრალ მდგომარეობაში ყოფნის დრო ისევ 1 წამია, შემდეგ ისევ აინთება შუქდიოდი და ა.შ. ეს პროცესი უსასრულოდ, ციკლურად მეორდება. დავაჭიროთ upload ღილაკს. დავინახავთ, როგორ ციმციმებს შუქდიოდი.

თქვენი სურვილის შემთხვევაში, შესაძლებელია პროექტის მცირედით გართულება: შუქდიოდის დამატება ან/და დაყოვნების დროის ცვლილება. ამ შემთხვევაში თქვენ მოგიწევთ კოდის შეცვლა (იხ. Sketch-ს განმარტება).

## პროგრამული კოდი BLINK

```

1. //Blinking LED Project
2. int led = 13;
3. void setup() {
4.   pinMode(led, OUTPUT);
   }
5. void loop() {
6.   digitalWrite(led, HIGH);
7.   delay(1000);
8.   digitalWrite(led, LOW);
9.   delay(1000);
10.}
    
```

### ლიტერატურა:

1. Mark Geddes – Arduino Project Handbook. 2016
2. ზ. ტაბატაძე, თ. თოდუა – არდუინო. პრაქტიკული სახელმძღვანელო დამწყებთათვის. თბილისი, 2019
3. ჯ. გრიგალაშვილი – Arduino-ს ვიზუალური დაპროგრამება FLProg გარემოში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2015

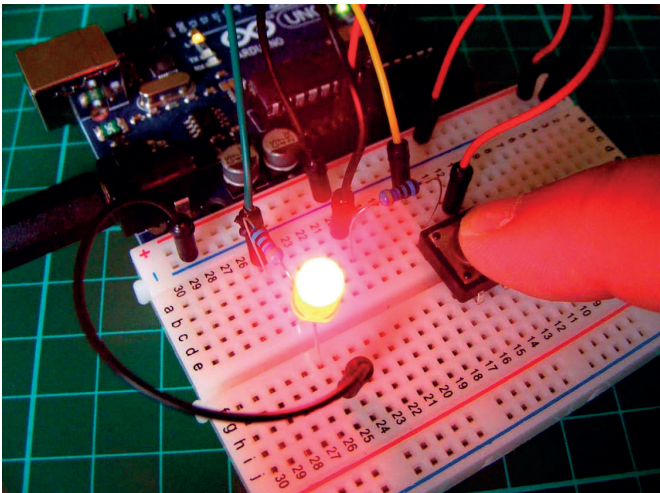


**მანა ნაპაშვიძე**

საბუნებისმეტყველო საგნების მხარდაჭერის (STEM) პროგრამის კოორდინატორი, მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი

# ARDUINO UNO-ს პირველი პროექტები

## შუქი არაფიქსირებადი ღილაკის საშუალებით

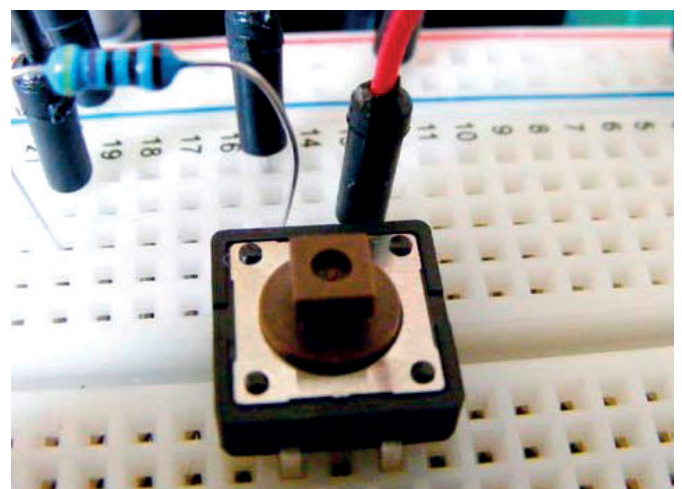
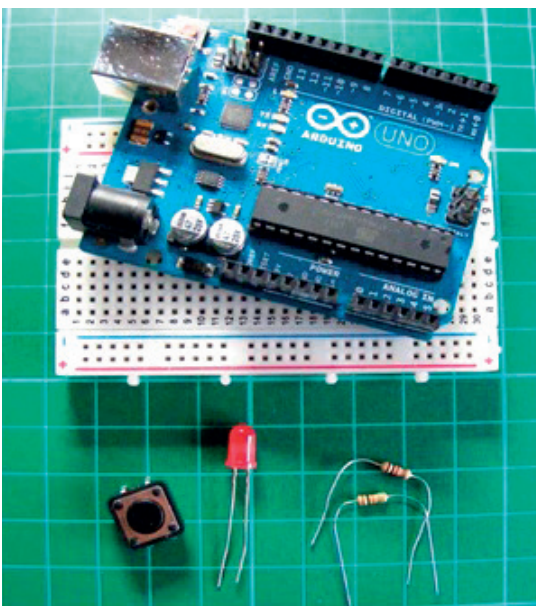


## საჭირო რესურსი

- Arduino UNO
- სამაკეტო დაფა
- ჯამფერები
- LED ნათურა
- არაფიქსირებადი ღილაკი
- რეზისტორი – 1 კომი
- რეზისტორი – 220 ომი

ამ პროექტში ჩვენ განვიხილავთ ჩამრთველი ღილაკის მუშაობის საფუძვლებს. ეს ღილაკები თითქმის ყველა ელექტრულ მოწყობილობაში გამოიყენება პროექტის კომპონენტების ჩართვა/გამორთვისთვის. ასეთი ღილაკი ბევრნაირი არსებობს, როგორც ვიზუალურად, ისე ფუნქციურად. ამჯერად ჩვენ გამოვიყენებთ არაფიქსირებად ღილაკს.

სურათი 1. არაფიქსირებადი ღილაკი (შეიძლება იყოს განსხვავებული ვიზუალის).

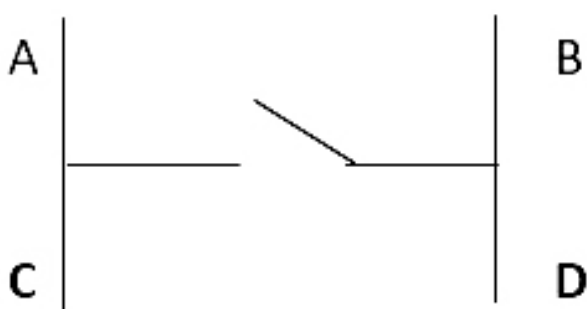


**არაფიქსირებადი ლილაკის გუზაოვის პრინციპი**

ქვემოთ მოცემულ პროექტში ნაჩვენებია ლილაკის გადამრთველის სახით გამოყენება: ყოველთვის, როდესაც ლილაკს დავაჭერთ თითს, შუქდიოდი ინთება და თუ ავუშვებთ – ჩაქრება. ლილაკზე თითის დაჭერისას სამაკეტო დაფაზე ელექტრული წრედი იკვრება და შუქდიოდი ინთება, ხოლო თითის აშვებისას წრედი წყდება და შუქდიოდს კვება აღარ მიეწოდება. ამიტომ ქრება შუქდიოდი. სწორედ ეს პრინციპია გამოყენებული, მაგალითად, კომპიუტერის კლავიატურაზე: Caps Lock კლავიშისგან განსხვავებით, რომელზე თითის დაჭერის დროს ის რჩება ჩართული ან გამორთული მანამდე, ვიდრე არ გადავრთავთ სხვა პოზიციაზე. დანარჩენი ლილაკები დაჭერა-აშვების პრინციპით ირთვებიან და ითიშებიან.

არაფიქსირებად ლილაკს აქვს ოთხი საკონტაქტო ფეხი/პინი. ჩართვისთვის, ჩვეულებრივ, გამოიყენება მხოლოდ ზედა ორი პინი. თუმცა, ამავე მიზნით, შეგვიძლია ქვედა ორი პინის გამოყენებაც. ამ პროექტში ჩვენ ვიყენებთ მხოლოდ ზედა ორ A და B პინს.

სქემა იხილეთ მეორე სურათზე.

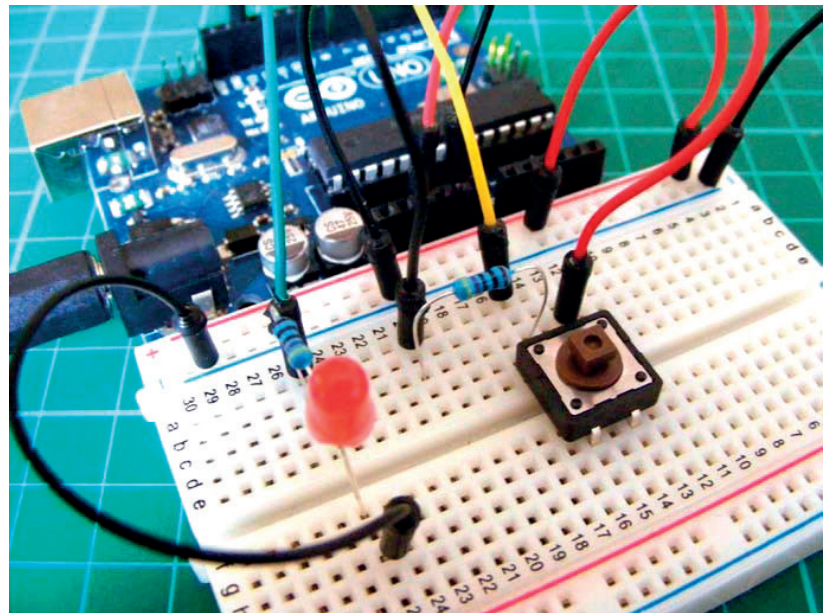


სურათი 2: ელექტრული სქემა (გამორთული)

როცა ლილაკს თითს დავაჭერთ, წრედი შეიკვრება და ნათურა აინთება.

**საქმის აწყობა საბაჰელო დაფაზე**

1. დაამაგრეთ არაფიქსირებადი ლილაკი სამაკეტო დაფაზე ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-3 სურათზე.



სურათი 3. ლილაკის განთავსება სამაკეტო დაფაზე

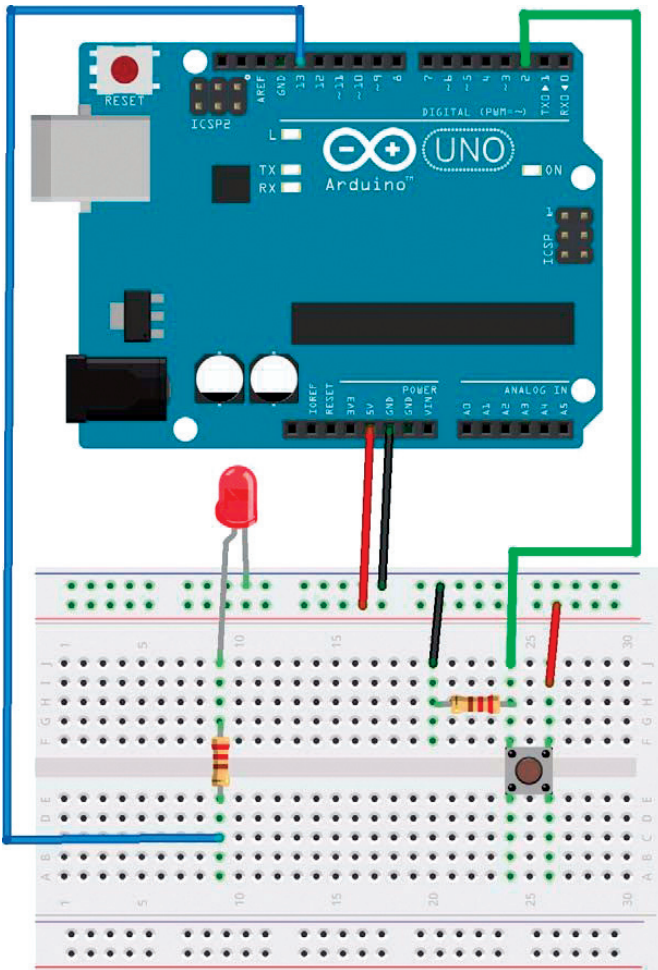
2. დააკავშირეთ ლილაკის A პინი რეზისტორთან (1 კომი), ხოლო რეზისტორის იგივე პინი დააკავშირეთ არდუინოსთან – პინი 2. რეზისტორის მეორე პინი დააკავშირეთ სამაკეტო დაფის „-“ უარყოფით პოლუსთან, ხოლო სამაკეტო დაფის უარყოფითი პოლუსი არდინოს GND კონტაქტთან. ახლა, ლილაკის მეორე, B პინი დააკავშირეთ სამაკეტო დაფის „+“ დადებით პოლუსთან და ეს პოლუსი – არდუინოს კვების კონტაქტების 5V პინთან.

არაფიქსირებადი ლილაკი	ARDUINO
პინი A	GND და პინი 2 via 1 კომი რეზისტორი
პინი B	+5V

3. დაამაგრეთ LED ნათურა სამაკეტო დაფაზე – გრძელი, დადებითი ფეხი დააკავშირეთ არდუინოს 14 ციფრული შესასვლელ/გამოსასვლელის მწკრივში მე-13 პინს, 220 ომი რეზისტორის გავლით. მოკლე, უარყოფითი ფეხი დაამაგრეთ სამაკეტო დაფის უარყოფით პოლუსზე (GND).

LED ნათურა	ARDUINO
დადებითი ფეხი	პინი 13 via 220 ომი რეზისტორი
უარყოფითი ფეხი	GND

4. დარწმუნდით, რომ თქვენ მიერ აწყობილი სქემა შეესაბამება მე-4 სურათზე ნაჩვენებ სქემას და მხოლოდ შემდეგ ჩაწერეთ კოდი.



სურათი 4. სქემა – შუქდიოდის მართვა არაფიქსირებადი ლილაკით

ლილაკი დაკავშირებულია მე-2 პინთან. ნათურის ასანთებად დააჭირეთ თითო ლილაკს. ნათურა ანთებულ მდგომარეობაში დარჩება მანამ, სანამ ლილაკს თითს არ აუშვებთ.

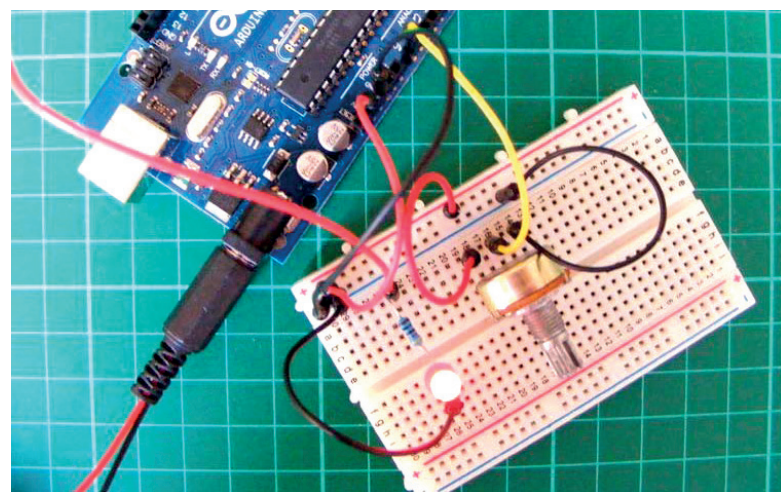
### კოდი / The sketch

ამ კოდში ფიქსირებადი ლილაკისთვის განვსაზღვრავთ გამომცვანს, როგორც INPUT, ხოლო გამომცვანს შუქდიოდისთვის – როგორც OUTPUT. ამით კოდი არდუინოს ატყობინებს, რომ შუქდიოდი უნდა ენთოს მანამ, სანამ ლილაკზე თითი გვაქვს დაჭერილი – ამ დროს ელექტრული წრედი შეკრულია და უნდა ჩაქრეს, როგორც კი ლილაკს თითს ავუშვებთ – ამ დროს ელექტრული წრედი წყდება.

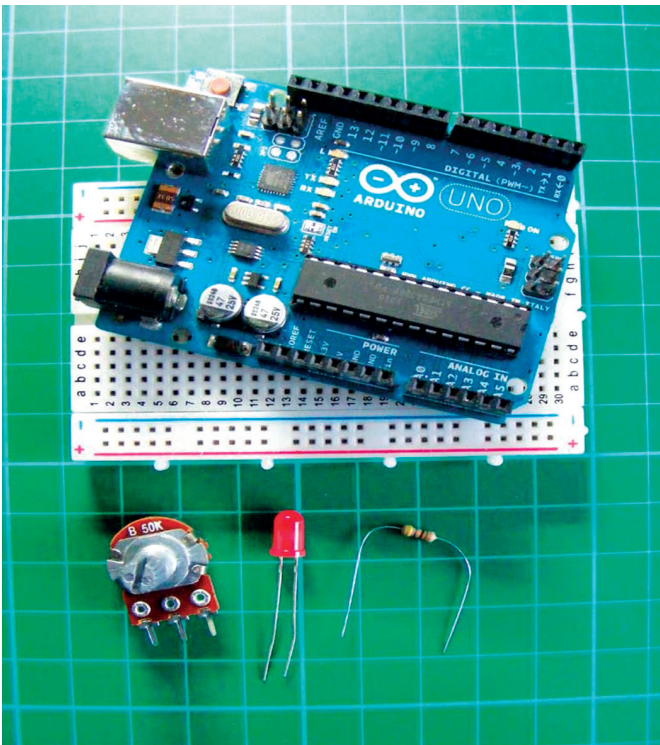
```
const int buttonPin = 2; // Pin connected to pushbutton
const int LEDPin = 13; // Pin connected to LED
int buttonState = 0; // Give pushbutton a value
void setup() {
  pinMode(LEDPin, OUTPUT); // Set LED pin as output
  pinMode(buttonPin, INPUT); // Set pushbutton pin as input
}
void loop() {
  buttonState = digitalRead(buttonPin); // Read input from pin 2
  if (buttonState == HIGH) { // If pushbutton is pressed, set as HIGH
    digitalWrite(LEDPin, HIGH); // Turn on LED
  }
  else {
    digitalWrite(LEDPin, LOW); // Otherwise, turn off LED
  }
}
```

### II – კომპანსიონეზრი – სვლადი რეზისტორი

ამჯერად ჩვენ შევემნით სინათლის რეგულატორს, რომლითაც ვარეგულირებთ LED ნათურის სინათლის ინტენსივობას (სიკაშკაშეს).

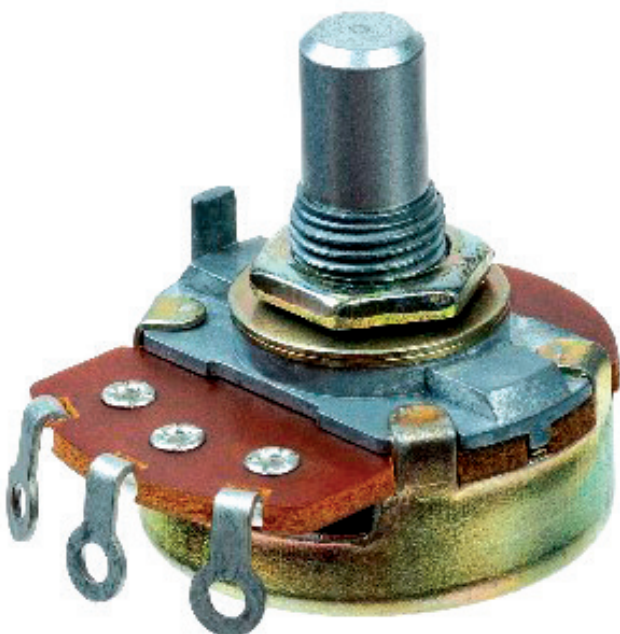






**საჭირო რესურსი**

- Arduino UNO
- სამაკეტო დაფა
- ჯამფერები
- LED ნათურა
- 50 კომი ცვლადი რეზისტორი (პოტენციომეტრი)
- 470 ომი რეზისტორი



**პოტენციომეტრი** – მბრუნავი თავის მქონე (რეგულატორი), სამი ტერმინალისგან შემდგარი რეზისტორი, რომლის საშუალებითაც დაბვის დარეგულირება შესაძლებელია. იგი ხშირად გამოიყენება ელექტრო მოწყობილობებში, მაგალითად, აუდიოაპარატურის ხმის დასარეგულირებლად. თუ მხოლოდ ორ ტერმინალს გამოვიყენებთ, მაშინ მივიღებთ ცვლად რეზისტორს, რეოსტატს.

ჩვენ მიერ შემოთავაზებულ პროექტში ვიყენებთ 50 კომიან ცვლად წინალობას.

პოტენციომეტრი აკონტროლებს უწყვეტ ანალოგურ სიგნალს, რომელიც წარმოადგენს ფიზიკურ განზომილებას. ადამიანი სამყაროს ანალოგური სახით აღიქვამს; ყველაფერი, რასაც ვხედავთ და გვესმის, არის ინფორმაციის უწყვეტი გადაცემა ჩვენს გრძნობათა ორგანოებზე. ეს უწყვეტი ნაკადი განსაზღვრავს ანალოგურ მონაცემებს. ხოლო ციფრული ინფორმაცია აფასებს ანალოგურ მონაცემებს მხოლოდ ციფრების გამოყენებით.

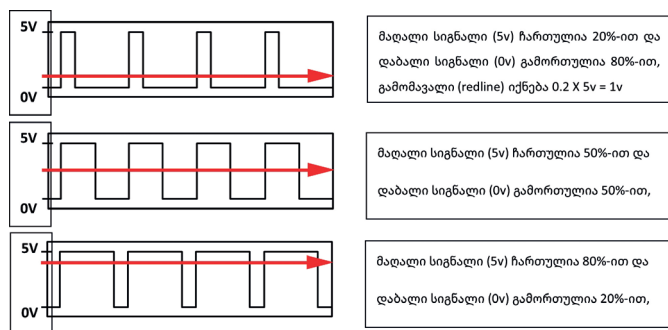
პოტენციომეტრის ცენტრალური გამომყვანი აგზავნის სიგნალს არდუინოს ანალოგურ შესასვლელზე – ნებისმიერი შესასვლელი A0-დან A5-მდე – მნიშვნელობის წასაკითხად.

პოტენციომეტრს სამი გამომყვანი აქვს. ე.წ. ზედა გამომყვანს მიეწოდება კვება, შუა უერთდება A0-ს, ხოლო ქვედა – მიწას (GND). გამოსასვლელი დაბვა არის დაბვა A0-ზე. პოტენციომეტრის რეგულატორის მოტრიალებით იცვლება წინალობის მნიშვნელობები შუა და ორ დანარჩენს გამომყვანს შორის. როდესაც შესასვლელზე 5v დაბვა გვაქვს, პოტენციომეტრის გარე გამომყვანებს შორის დაბვაც არის 5v, პოტენციომეტრის რეგულატორის ტრიალით შესაძლებელია დაბვის ნელ-ნელა გაზრდა/შემცირება 0-დან 5v-მდე.

როდესაც შუქდიოდი ანთია, ის სინამდვილეში ციმციმებს, მაგრამ ეს იმდენად სწრაფად ხდება, რომ ჩვენი თვალი ამას ვერ აფიქსირებს. სწორედ ამიტომ იქმნება შთაბეჭდილება, რომ შუქდიოდი უწყვეტად ანათებს. ამ ეფექტის მისაღწევად არდუინო იყენებს

ტექნოლოგიას, რომელსაც განივ-იმპულსური მოდულაცია ეწოდება (Pulse-Width Modulation, PWM). განივ-იმპულსური მოდულაცია შეიძლება გამოვიყენოთ შუქდიოდის ნათების სიკაშკაშის ცვლილების ილუმინის შესაქმნელად, მისი, ვთქვათ, წამში 500-ჯერ ხართვა-გამორთვით. აღქმული სიკაშკაშე განისაზღვრება დროის იმ ინტერვალების სიდიდით, როცა შუქდიოდი ხართულია ან გამორთულია, ანუ პოტენციომეტრის რეგულატორით წინააღობის ცვლილებით (გავზარდოთ ან შევამციროთ) შეგვიძლია სიგნალის სიდიდის ცვლილება, რაც, თავის მხრივ, გამოიწვევს იმპულსის ხანგრძლივობის ცვლილებას.

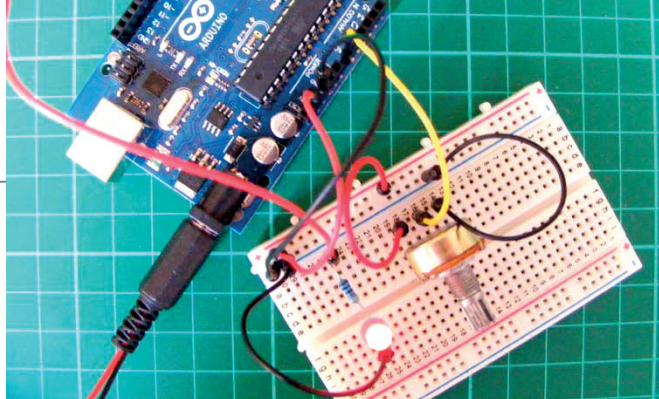
PWM-ის მხარდაჭერა აქვთ 3, 5, 6, 9, 10 და 11 ციფრულ გამოსასვლელებს. პირველ სურათზე ნაჩვენებია, თუ როგორ გამოიყურება PWM ტალღის ფორმით.



სურათი 1. განივ-იმპულსური მოდულაციის (PWM) ციკლები შევსების სხვადასხვა კოეფიციენტი

**ახლა ავანწყობთ პროექტში:**

1. მოათავსეთ პოტენციომეტრი სამაკეტო დაფაზე და მისი შუა პინი დააკავშირეთ არდუინოს ანალოგური შესასვლელი კონტაქტების მწკრივის A0 პინს. პოტენციომეტრის დანარჩენი ორი გარე პინიდან ერთი დააკავშირეთ არდუინოს კვების კონტაქტების მწკრივში +5v პინს, ხოლო მეორე – უარყოფით პოლუსთან (GND, მიწა). იხილეთ სურათი 2.



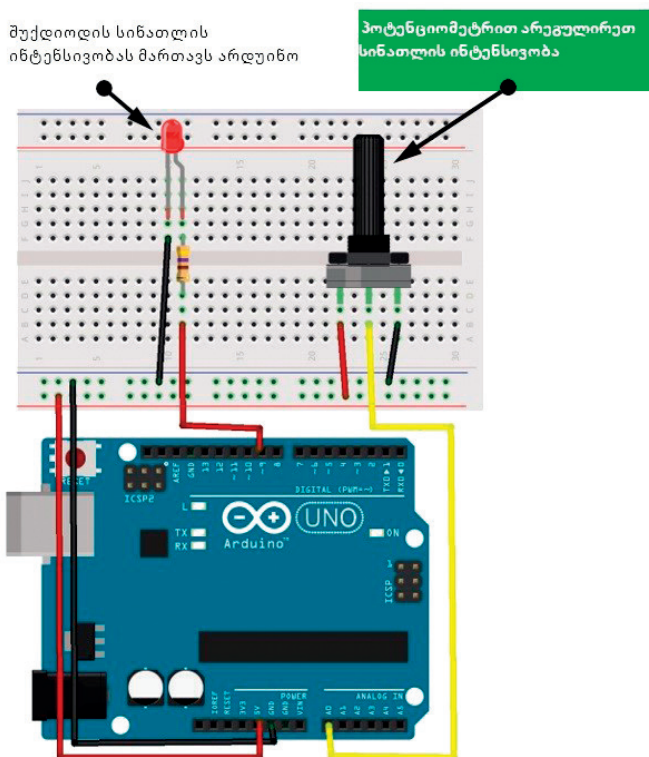
სურათი 2: პოტენციომეტრის დაკავშირება არდუინოსთან

პოტენციომეტრი	ARDUINO
მარცხენა პინი	+5V
ცენტრალური პინი	A0
მარჯვენა პინი	GND

2. დაამაგრეთ LED ნათურა სამაკეტო დაფაზე. მისი დადებით პოლუსიანი ფეხი (გრძელი ფეხი) დააკავშირეთ არდუინოს მე-9 პინთან 470 ომი რეზისტორის გავლით და უარყოფით პოლუსიანი ფეხი (მოკლე ფეხი) დაუკავშირეთ მიწას—GND. იხილეთ მე-3 სურათი.

LED ნათურა	ARDUINO
დადებითი ფეხი	Pin 9
უარყოფითი ფეხი	GND 470 ომი რეზისტორი

სურათი 3: სქემა პოტენციომეტრით



3. ჩატვირთეთ ქვემოთ მოცემული კოდი
4. პოტენციომეტრის რეგულატორით არეგულირეთ LED ნათურის სინათლის ინტენსივობა (სიკაშკაშე).

თქვენ შეგიძლიათ დამოუკიდებლად გაართულოთ ეს პროექტი. მაგალითად, შეგიძლიათ ერთად დააჯგუფოთ რამდენიმე შუქდიოდი, რომ შექმნათ რეგულირებადი ფანარი, მაგიდის ბრა, ვიტრინის განათება და სხვ., სადაც გამოიყენება სინათლის ინტენსივობის ცვლა.

მოცემული კოდის საშუალებით, პოტენციომეტრის რეგულატორის დატრიალების გზით, ჩვენ შევძლებთ შუქდიოდის სიკაშკაშის ცვლილებას. ძაბვის მნიშვნელობის წაკითხვა ხდება პოტენციომეტრიდან, შემდეგ კი—ამ მნიშვნელობის ჩაწერა შუქდიოდში. შედეგების ნახვა შესაძლებელია მიმდევრობითი მონიტორის ფანჯარაში.

ამ სკეტჩში A0 გამოყვანილი გულისხმობს პოტენციომეტრს, გამოყვანილი 9 – OUTPUT შუქდიოდის კვებისთვის. შემდეგ სრულდება ციკლი, რომელიც განუწყვეტლივ კითხულობს პოტენციომეტრის მნიშვნელობას და ამ მნიშვნელობას ძაბვის სახით გზავნის შუქდიოდზე. ძაბვის მნიშვნელობა განსაზღვრულია 0–5 ვოლტის დიაპაზონით და შესაბამისად მოხდება შუქდიოდის სინათლის ინტენსივობის ცვლილება.

**შუქდიოდის გართვა პოტენციომეტრის (ცვლადი წინაღობის) საშუალებით**

ამ პროექტში თქვენ გააერთიანებთ წინარე ცოდნას და შექმნით მოწყობილობას, სადაც შეძლებთ შუქდიოდების რეგულირებას პოტენციომეტრის საშუალებით.

```

კოდი / SKETCH
int potPin = A0;
// Analog input pin connected to the potentiometer
int potValue = 0;
// Value that will be read from the potentiometer
int LED = 9;
// Pin 9 (connected to the LED) is capable of PWM

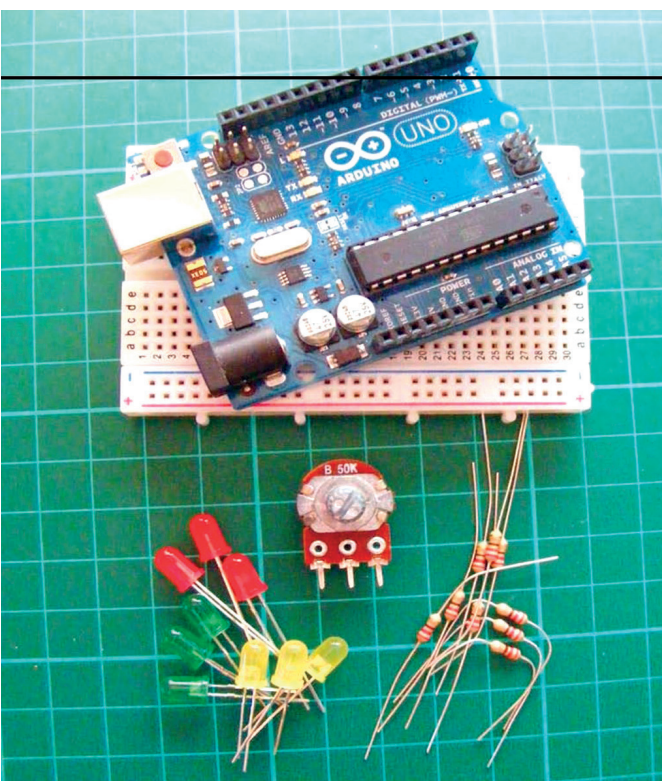
// Runs once at beginning of the program
void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT); // Set pin 9 to output
}

// Loops continuously
void loop() {

  potValue = analogRead(potPin);
  // Read potentiometer value
  // from A0 pin

  analogWrite(LED, potValue/4);
  // Send potentiometer value to LED
  // to control brightness with PWM

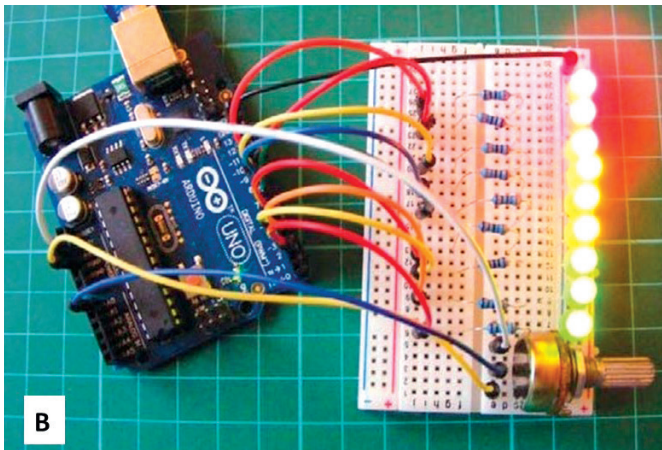
  delay(10);
  // Wait for 10 ms
}
    
```



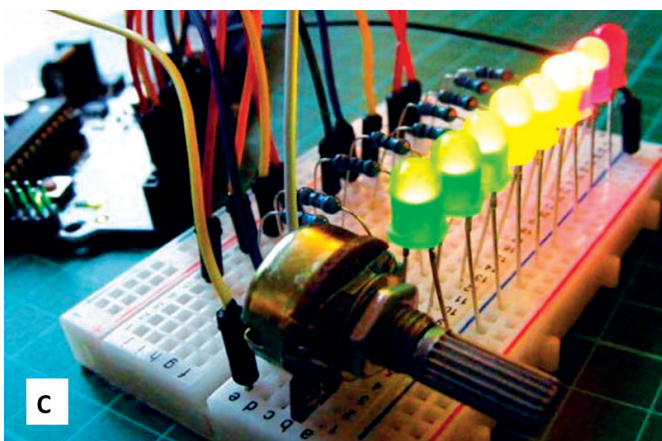
## საჭირო რესურსი

- Arduino UNO
- სამაკეტო დაფა
- ჯამფერები
- 9 LED ნათურა
- 50 კომი ცვლადი რეზისტორი (პოტენციომეტრი)
- 9 რეზისტორი (220 ომი)

პროექტში წარმოდგენილია შექმნილი შექმნილი მჭკრივი განლაგებულია ისე, როგორც ეს შეიძლება ნახოთ აუდიოეკრანზე. პოტენციომეტრის ანალოგური სიგნალის საშუალებით ვმართავთ, რომელი შექმნილია აინთოს. პოტენციომეტრის მარეგულირებლის ერთ მხარეს მოტრიალებით შექმნილი ინთებიან რიგრიგობით. მეორე მხარეს გადატრიალებით—ქრებიან ასევე რიგრიგობით.

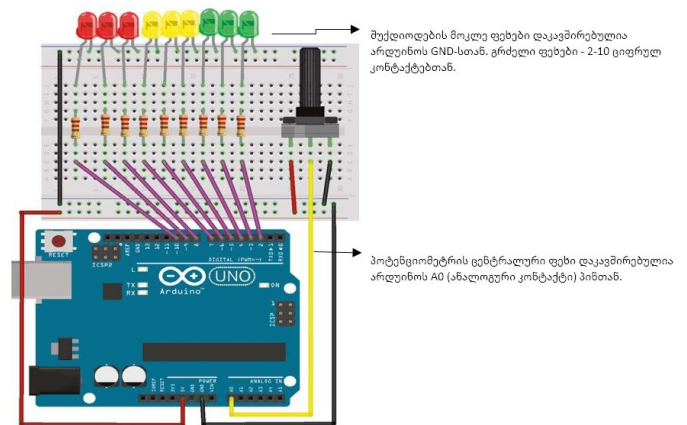


სურათი 1: ასე გამოიყურება ჩვენი პროექტი



## დავიწყეთ პროექტის აწყობა

1. შექმნილი მოკლე ფეხები (კათოდი, „-“ პოლუსი) დაამაგრეთ სამაკეტო დაფის უარყოფითი პოლუსის ზოლში და დააკავშირეთ არდუინოს უარყოფით პოლუსთან (GND, მიწა).
2. 220 ომი წინაღობები დაამაგრეთ თითოეული შექმნილი გრძელ ფეხებთან (ანოდი, „+“ პოლუსი) და დააკავშირეთ არდუინოს ციფრულ კონტაქტებს (2-დან 10-მდე). იხილეთ მე-2 სურათი. მნიშვნელოვანია, რომ რეზისტორების ფეხები აერთიანებდნენ სამაკეტო დაფის ცენტრალური გამყოფით გაყოფილ ორივე პლატას. ზუსტად ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-2 სურათზე.



სურათი 2: პროექტის სქემა

LED ნათურა	ARDUINO
დადებითი ფეხები	პინები 2-10 via 220 ომი რეზისტორი
უარყოფითი ფეხები	GND

3. დაამაგრეთ პოტენციომეტრი სამაკეტო დაფაზე. მისი ცენტრალური, შუა პინი დააკავშირეთ არდუინოს ანალოგური შესასვლელის მჭკრივში A0 პინს; მარცხენა, გარე გამომყვანი დააკავშირეთ +5V და მარჯვენა—GND (მიწა).

პოტენციომეტრი	ARDUINO
მარცხენა პინი	+5V
ცენტრალური პინი	A0
მარჯვენა პინი	GND

**შენიშვნა:** ამ პროექტის გამართვება შეიძლება, თუ 220 ომ წინაღობას ჩავრთავთ საერთო, მინუს გამოყვანთან და ყველა პლიუს ფეხს შევავრთებთ პირდაპირ წინაღობის გარეშე, ე.ი. 9 წინაღობის ნაცვლად ვიყენებთ ერთ წინაღობას.

#### 4. ჩასვით კოდი

თავდაპირველად კოდი ითვლის პოტენციომეტრიდან შემავალ სიგნალს. ის შემავალ მნიშვნელობას ადარებს გამოშვებულ დიაპაზონთან, ჩვენ შემთხვევაში, 9 შუქდიოდთან. შემდეგ იქმნება ციკლი ყველა შუქდიოდისთვის. ძალიან მარტივია: პოტენციომეტრის მარეგულირებელს თუ გადავატრიალებთ მარჯვნივ, შუქდიოდები თანმიმდევრობით აინთებიან, თუ გადავატრიალებთ მარცხნივ—თანმიმდევრობით ჩაქრებიან.

```
const int analogPin = A0;
// Pin connected to the potentiometer

const int ledCount = 9;
// Number of LEDs
int ledPins[] = {2,3,4,5,6,7,8,9,10}; // Pins connected to the LEDs
void setup() {

for (int thisLed = 0; thisLed < ledCount; thisLed++) {
pinMode(ledPins[thisLed], OUTPUT); // Set the LED pins as
output
}
}

// Start a loop
void loop() {

int sensorReading = analogRead(analogPin);
// Analog input

int ledLevel = map(sensorReading, 0, 1023, 0, ledCount);
for (int thisLed = 0; thisLed < ledCount; thisLed++) {
if (thisLed < ledLevel) { // Turn on LEDs in sequence
digitalWrite(ledPins[thisLed], HIGH);
}
else { // Turn off LEDs in sequence
digitalWrite(ledPins[thisLed], LOW);
}
}
}
```



**თამარ კატარიძე**

საქართველოს უნივერსიტეტის  
ელექტრო ინჟინერიის  
მეოთხე კურსის სტუდენტი

# STEM აქტივობებში

## საბნობრივი ცოდნისა და

## ელ. ინჟინერიის ელემენტების

## ინსტაგრირება

სკოლაში STEM კლუბში მუშაობის დროს ან გაკვეთილზე STEM სწავლების პროცესში მნიშვნელოვანია შეიჩიეს აქტივობები, რომლებიც დაეხმარება მათ საგნობრივი ცოდნის გააზრებაში. წარმოგიდგინთ ორ საინტერესო აქტივობას, რომლებიც დაეხმარება მოსწავლეებს მნიშვნელოვანი საკითხების გააზრებაში: სხეულის ელექტროგამტარობა და ხილული სინათლის აღქმის თავისებურებები.

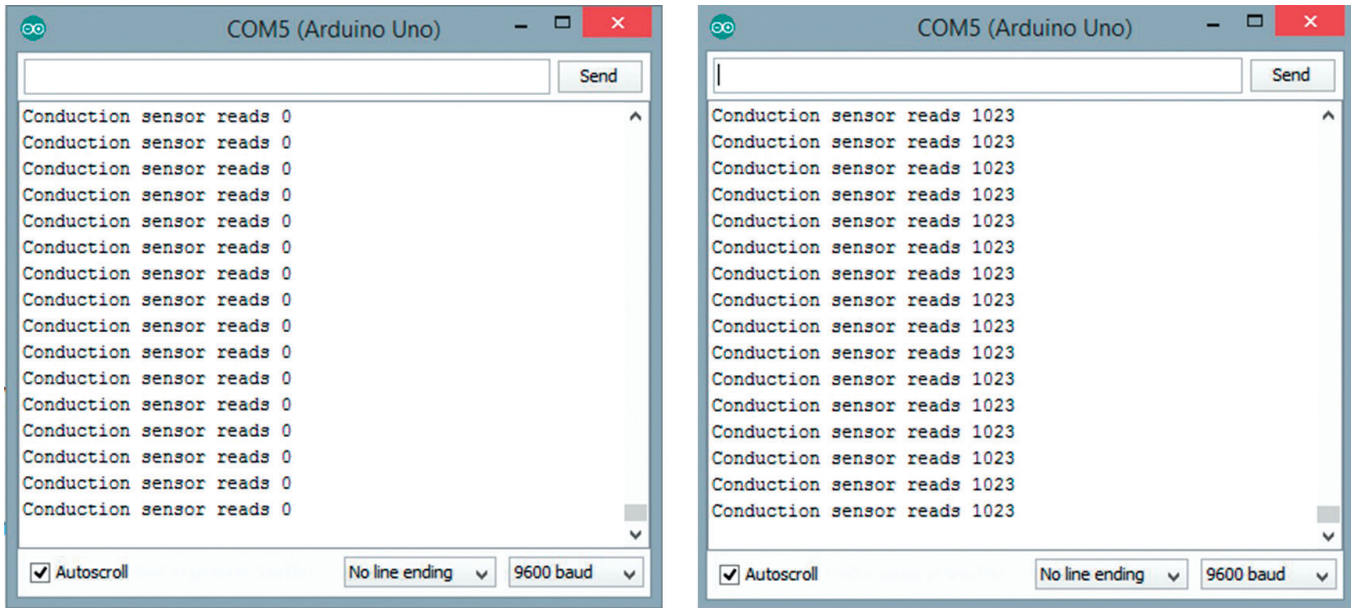
### სხეულის ელექტროგამტარობის აღმოჩენა და შეფარება

მოცემული კვლევის ჩასატარებლად მოსწავლეები ქმნიან ელექტროგამტარობის საზომ ხელსაწყოს მიკროკონტროლერ ARDUINO-ს გამოყენებით. ხელსაწყო გამომავს კონკრეტულ ნივთში/საგანში გამტარობას ანუ ნივთის უნარს გაატაროს ელექტრული დენი. მოსწავლეები ასევე გამოიყენებენ ARDUINO-ს ინტეგრირებული პროგრამირების გარემოს (IDE)

Serial Monitor-ის ინსტრუმენტს (<https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/ide-v2-serial-monitor>).

მნიშვნელოვანია, პროექტზე მუშაობის დროს ვიცოდეთ რა სახის მასალებს ვიყენებთ: ნახევარგამტარს, გამტარს თუ გაუმტარს. განსხვავება ამათ შორის არის ელექტრული დენის გამტარობის დონე.

Arduino-ს აქვს წრედი, რომელსაც ჰქვია ანალოგიდან ციფრულამდე გადამყვანი (analog-to-digital converter or ADC), რომელიც იღებს ცვალებად ძაბვას და გარდაქმნის მას ციფრში 0-დან 10123-მდე. 0 არის 0 ვოლტი ძაბვის ექვივალენტი, ხოლო 1023 კი 5 ვოლტი ძაბვის ანუ ამ დროს არდუინოს პინი (PIN) იღებს 5 ვოლტს. კოდში კი, ფუნქცია analogRead() აბრუნებს ციფრს 0-1023-მდე რომელიც, პროპორციულია ძაბვის ოდენობის, რომელიც მიეწოდება pin-ზე. ARDUINO-ს Serial Monitor-ზე მონაცემები ასე გამოიყურება: (სურ. N1)



სურ.1

(მოცემულ ბმულებზე იხილეთ რეკომენდაციები პროგრამა Arduino IDE 1.8.19 Serial Monitor-ის გამოყენებისათვის).

<https://www.instructables.com/HOW-TO-use-the-ARDUINO-SERIAL-MONITOR/>

სწორედ Serial monitor დაგვეხმარება გავზომოთ სხვადასხვა სხეულის ან მასალის გამტარობა.

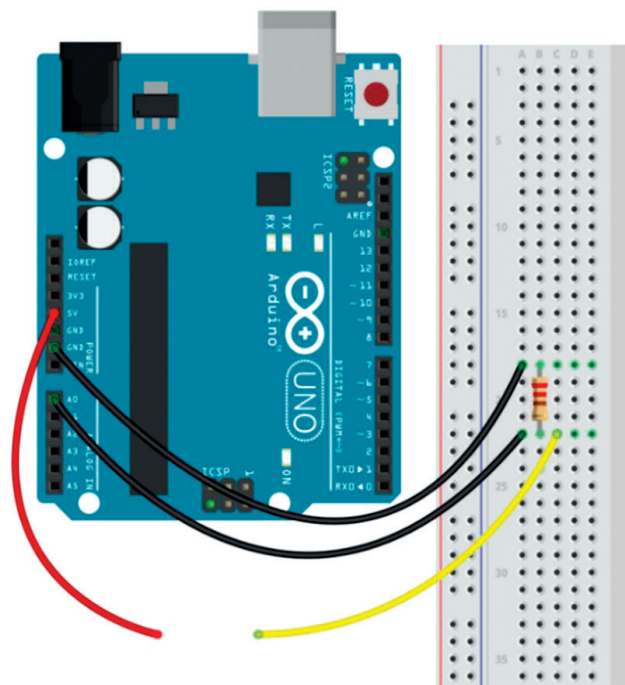
**ხელსაწყოს შესაქმნელად დაგვჭირდება ელექტრული კომპონენტები:**

- მიკროკონტროლერი ARDUINO UNO
- 4 სადენი (ჯამფერი MM) (jumper wires MM)
- 1 საშუალო ზომის სამაკეტო დაფა (breadboard)
- 1 10k წინაღობის რეზისტორი
- 1 USB შემაერთებელი კაბელი ARDUINIO-სთვის
- გამტარობის შესასწავლი მასალები, საგნები. მაგალითად, ფანქარი, ფურცელი, რაიმე ხის მასალა, ლითონის ლურსმანი და ა.შ.

**ხელსაწყოს აწყობის პროცედურა:**

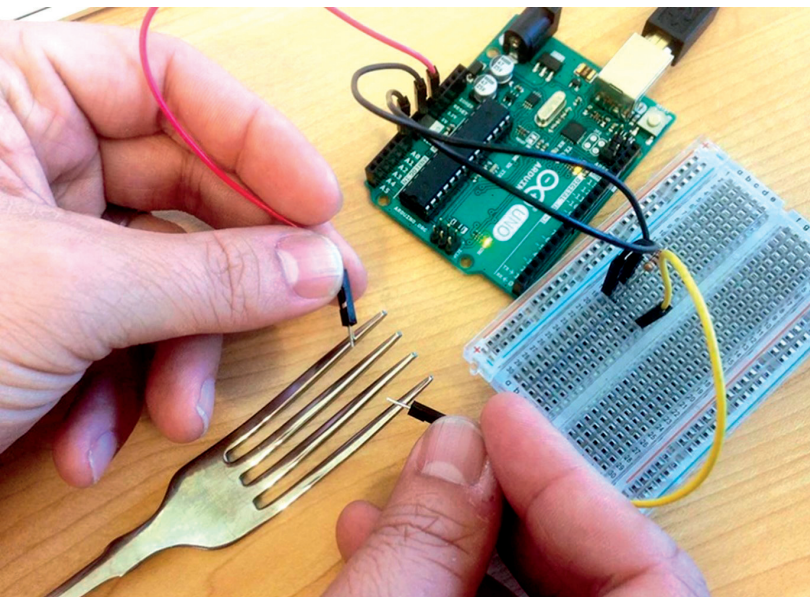
**ნაბიჯი 1:** სადენების/ჯამფერების გამოყენებით ავაწყოთ ელექტრული წრედი მოცემული სქემის მიხედვით (სურ. N2).

- ა) A0 ანალოგური პინიდან ჯამფერი მივაერთოთ რეზისტორის ერთ ფეხთან, დამიწება (GND) კი რეზისტორის მეორე ფეხთან, სამაკეტო დაფაზე.



სურ. 2

- ბ) დამატებით მესამე MM ჯამფერი დავამატოთ რეზისტორის ფეხთან, რომელიც A0 ანალოგურ პინთან არის დაკავშირებული.
- გ) მეოთხე MM ჯამფერი მონტაჟდება არდუინოს 5v -იან პინზე.
- დ) მესამე და მეოთხე ჯამფერების თავები თავისუფალია. სწორედ მათ შორის უნდა მოვაქციოთ სხეულიან მასალა, რომლის წინააღობაც გვინდა გავიგოთ.



სურ.3

**ნაბიჯი 2:** კოდის ჩაწერა

შეერთეთ არდუინო კომპიუტერში USB კაბელის დახმარებით და ARDUINO-ს ინტეგრირებული პროგრამირების გარემო გაუშვით კომპიუტერში. (სურ. N4)



სურ.4

ჩაწერეთ კოდი (სურ. N5) (ყურადღება მიაქციეთ, რომ პროგრამაში სწორი არდუინოს მოდელი და port არის მითითებული). კოდი იხილეთ მოცემულ ბმულზე: Will It Conduct Electricity? With Arduino: 4 Steps (with Pictures) – Instructables

**ნაბიჯი 3:** კომპიუტერში Serial Monitor-ის გახსნა

შეაგროვეთ სხვადასხვა მასალისგან დამზადებული ნივთები. აიღეთ ყვითელი ჯამფერი და შეახეთ ნივთს. აიღეთ წითელი ჯამფერი და ესეც მიადეთ ნივთს (არ მიადოთ წითელი და ყვითელი ჯამფერები ერთმანეთს!). ჩაიწერეთ ის ციფრი, რაც გამოვა ეკრანზე (სურ. N1). გაიმეორეთ ეს პროცედურა ყველა საკვლევ ნივთზე. მას შემდეგ, რაც ჩაიწერთ ციფრებს, აირჩიეთ ყველაზე დიდი რიცხვი. ეს მასალა არის ყველაზე კარგი გამტარი.

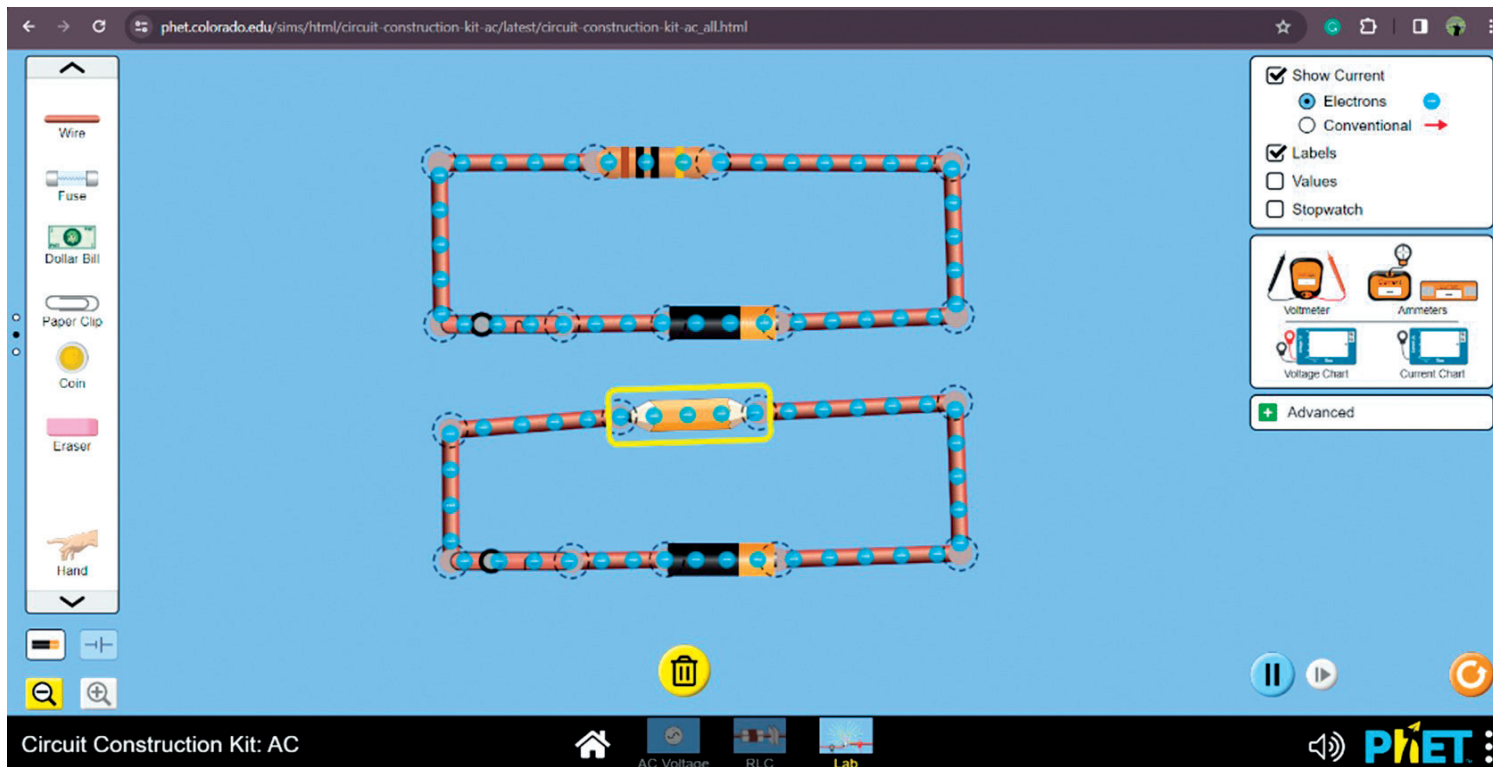
ელექტროგამტარობის პროცესების სიღრმისეული გააზრებისათვის, აუცილებელია, გამოვიყენოთ ინტერაქტიული პროგრამა PHET Simulation (<https://phet.colorado.edu/>). პროგრამა დაეხმარება მოსწავ-



სურ.5



ლევს ელექტრულ წრედში მიმდინარე მოვლენების გააზრებაში. ამავე ინსტრუმენტით შეძლებს ელექტრული წინააღობის პროცესების შედარებას თავის კვლევასთან და დაფარული მოვლენების ხილვას. (სურ. N6)



სურ. 6

ჩვენ მიერ აღწერილი აქტივობა ეყრდნობა საინტერესო ელექტრონუნრულ ვებ-გვერდს Instructables (<https://www.instructables.com/>), სადაც მრავალი საინტერესო STEM პროექტი არის გამოქვეყნებული.

#### ლიტერატურა:

1. Will It Conduct Electricity? With Arduino: 4 Steps (with Pictures) – Instructables



**მაია ზიფიბაძე**

ბიოლოგიის დოქტორი,  
საგნობრივი სტანდარტების სამსახურის უფროსი,  
ბიოლოგიის საგნობრივი ექსპერტ-კონსულტანტი,  
მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების  
ეროვნული ცენტრი

# ბენაური ტექნოლოგიები გავნებლების წინააღმდეგ

ერთ-ერთი ფაქტორი, რაც ამ ეტაპზე STEAM-ის ეფექტიანად დასაწერად არის საჭირო, ქართულენოვანი სასწავლო რესურსებია. მნიშვნელოვანია, რომ მასწავლებელს ჰქონდეს არჩევანის საშუალება – შექმნას საკუთარი, ორიგინალური რესურსი, ან შეარჩიოს ის უკვე არსებული ბაზიდან. ხშირად, დროისა და ძალისხმევის დასაზოგად, მეორე გზა უფრო მომგებიანია. მასწავლებელს ყოველთვის შეუძლია შერჩეული რესურსის ადაპტირება სასწავლო მიზნებიდან და კლასის საჭიროებიდან გამომდინარე.

STEAM რესურსი შეიძლება იყოს ნებისმიერი ინსტრუმენტი, რომელიც ეხმარება STEAM-ის დანერგვას საკლასო ოთახში – აქტივობის აღწერა, საინფორმაციო მასალა, პროექტის გეგმა, პრობლემის აღწერა და მისი საინჟინრო გადაწყვეტა, ვიდეო-აუდიო მასალა და მრავალი სხვა. ხშირად STEAM აქტივობის/პროექტის განსახორციელებლად ჩამოთვლილთაგან რამდენიმე კომპონენტის გაერთიანება ხდება საჭირო.

რა კრიტერიუმებს უნდა აკმაყოფილებდეს STEAM რესურსი? მისი შინაარსი უნდა ეხმარებოდეს თანამედროვეობასთან დაკავშირებული რეალური, ცხოვ-

რებისეული, ან სამეცნიერო პრობლემის (ამოცანის) გადაჭრას; რესურსის გამოყენება უნდა საჭიროებდეს STEAM საგანთაშორის ინტეგრაციას; რესურსი უნდა ითვალისწინებდეს პრაქტიკულ კომპონენტს, ხელით მუშაობიდან დაწყებული – კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებით დასრულებული; მისი გამოყენებისას, აუცილებელი უნდა იყოს ამა თუ იმ STEAM დისციპლინის ცოდნის გამოყენება. ამ უკანასკნელის გარეშე არის საშიშროება, რომ STEAM აქტივობა/პროექტი გადაიქცეს ხელგარჯილობის, ან ხელოვნების გაკვეთილებად, რაც თავის მხრივ, ცუდი არ არის, მაგრამ აცდენილია სასწავლო მიზანს.

ქართულენოვანი STEAM რესურსები, რომელთა გამოყენებაც შესაძლებელია ბიოლოგიის სწავლების მიზნით, არსებობს, მაგრამ, სამწუხაროდ, ისინი არც თუ ისე მრავალფეროვანია. მათი ნაწილის ნახვა შესაძლებელია საგანმანათლებლო პორტალებზე:

- განათლების ციფრული სახლი <https://educationhouse.ge/>;

- <https://educationhouse.ge/> ელექტრონული რესურსების პორტალი <https://el.ge/>;
- ინტერაქტიური კვლევითი აქტივობების პორტალი <https://www.golabz.eu/> და სხვ.

რესურსების მოკვლევა შესაძლებელია მრავალრიცხოვან სოციალურ ჯგუფებში, რომლებიც ეკუთვნის STEAM ასოციაციებს თუ პროგრამებს, საძიებო სიტყვით “STEM” ან STEAM”.

ქვემოთ გთავაზობთ ერთ-ერთ STEAM აქტივობას, რომელიც დაკავშირებულია ბიოლოგიის შინაარსთან და იძლევა ცვალებადობის, ევოლუციისა და მოლეკულური ბიოლოგიის საკითხების შესწავლის საშუალებას. შინაარსისა და კომპლექსურობის ხარისხიდან გამომდინარე, მოცემული აქტივობის ჩატარება შესაძლებელია საშუალო საფეხურზე. აქტივობის განსახორციელებლად მოსწავლეს (ან მოსწავლეთა წყვილს) დასჭირდება ინტერნეტში ჩართული კომპიუტერი. თუ აღნიშნულის საშუალება არ არის, აქტივობის ეს ნაწილი შეიძლება გადაიქცეს საშინაო დავალებად. რაც შეეხება ინტეგრირებას, ის აქ მიიღწევა კომპიუტერული ტექნოლოგიების, კერძოდ კი სიმულაციების გამოყენების შედეგად, რომელიც თამაშობს სასწავლო ინსტრუმენტის როლს.

აღნიშნულთან დაკავშირებით შესაძლოა ითქვას, რომ სიმულაციების გამოყენება STEAM-ის სწავლე-

ბის ერთ-ერთი ეფექტიანი გზაა, ვინაიდან იძლევა ბიოლოგიის შინაარსისა და ციფრული ტექნოლოგიების ინტეგრირების საშუალებას. სხვა სიტყვებით, სიმულაციების გამოყენება ამარტივებს ბიოლოგიის რიგისაკითხების სწავლას მოსწავლისათვის, სათანადო დაგეგმვის შემთხვევაში კი STEAM აქტივობადაც გადაიქცევა.

მოცემული აქტივობის ჩასატარებლად საჭიროა რამდენიმე კომპონენტის გაერთიანება:

1. დავალების პირობა, რომელიც მოიცავს კონკრეტული პრობლემის აღწერას და უშუალო მითითებას, თუ რა გააკეთოს მოსწავლემ აქტივობის ფარგლებში; დავალების ფარგლებში მოსწავლე იყენებს (განიმტკიცებს ან იძენს) ბიოლოგიის საკითხებთან დაკავშირებულ ცოდნას;
2. ბმულის სახით მოცემული ციფრული ინსტრუმენტი, რომლის დახმარებითაც მოსწავლე ასრულებს დავალებას;
3. საინფორმაციო მასალა, რომელიც აფართოებს მოსწავლის ცოდნას კონკრეტული პრობლემისა და ზოგადი კონტექსტის შესახებ, აახლოებს მას თანამედროვეობის გამოწვევებთან.

გთავაზობთ თითოეულ კომპონენტს დეტალურად:

## 1. დავალება

ბამბის ხვატარი, იგივე კოლოფის ჭია (*Heliothis obsoleta*) ბამბის პლანტაციების საშიში მავნებელია. მის დასამარცხებლად მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონში წარმატებით იყენებენ გენომდიფიცირებული მცენარეული კულტურების მოშენებას, რომელთაც ეს მავნებელი ვერ აზიანებს. აღნიშნული მიზნით მიმართავენ Bt ტექნოლოგიებს, რომელიც გულისხმობს მცენარის გენომში სპეციალური გენის ჩაშენებას და Bt ცილის სინთეზის ხელოვნურად გამოწვევას. Bt ცილა ტოქსიუკურია მწერებისადმი და ანადგურებს მათ.





პრობლემა ის არის, რომ რამდენიმე რეგიონში, მაგალითად, პაკისტანში, რამდენიმეწლიანი გამოცენების შემდეგ, მწერმა შეიძინა მდგრადობა გამოცენებული Bt ცილის მიმართ და ბამბის მოსავალს სერიოზული საფრთხე შეექმნა. რეზისტენტობის მიზეზს წარმოადგენდა Bt ცილის რეცეპტორის გენის მუტაცია, რომლის შედეგადაც რეცეპტორის ურთიერთქმედება Bt ცილასთან აღარ იყო მდგრადი.

პრობლემის გადასაჭრელად საჭირო გახდა Bt ცილის იმ ნაწილის კორექტირება, რომელიც უშუალოდ უკავშირდება რეცეპტორს. კერძოდ, Bt ცილის გენის ერთ-ერთ ფრაგმენტში ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის ცვლილება ისე, რომ ცილის შესაბამის ნაწილში ჩაერთოს ამინომჟავების შემდეგი თანმიმდევრობა: სერინი – პროლინი – პროლინი – ლეოცინი – გლიცინი – ტრეონინი – ალანინი – ალანინი – ტრიფტოფანი – არგინინი.

სიმულაციაში მოცემულია Bt ცილის გენის ფრაგმენტი. გამოიყენეთ სიმულაცია და შეცვალეთ გენის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა ისე, რომ მცენარეში დასინთეზირდეს განსხვავებული ამინომჟავური თანმიმდევრობის მქონე Bt ცილა და ხელი შეეშალოს რეზისტენტობის განვითარებას.

დავალების პირობასთან ერთად, გთავაზობთ სარეკომენდაციო კითხვებს მოსწავლის მიერ დავალების გასააზრებლად:

- როგორ შევცვალოთ სიმულაციის გამოცენებით ამინომჟავების თანმიმდევრობა Bt ცილაში?
- რომელი მოლეკულური პროცესები უნდა განხორციელდეს ტრანსგენური მცენარის უჯრედში Bt ცილის ბიოსინთეზის მიზნით?
- რატომ იწვევს Bt ცილის რეცეპტორის გენის მუტაცია Bt ცილასთან დაკავშირების უნარის დაკარგვას?
- რატომ იწვევს სიმულაციაში მოცემული დნმ-ის ფრაგმენტი ATG კოდონით?
- თუ პრობლემაზე იმუშავებს მეცნიერთა სხვადასხვა ჯგუფი, რამდენად მოსალოდნელია, რომ სხვადასხვა ლაბორატორიაში მიღებული გენები იდენტური იყოს ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის მიხედვით? ახსენით პასუხი.
- გენეტიკური კოდის რომელ თვისებას უკავშირდება ის ფაქტი, რომ როგორი განსხვავებულიც არ უნდა იყოს Bt ცილის გენის სხვადასხვა ვარიანტები, ტრიფტოფანის განმსაზღვრელი კოდონი მათში უცვლელად განმეორდება?

2. **სიფრული ინსტრუმენტები დაკავშირების შესასრულებლად:**

<https://lab.concord.org/embeddable.html-interactive/sam/DNA-to-proteins/4-mutations.json>  
<https://lab.concord.org/embeddable.html#interactive/sam/DNA-to-proteins/4-mutations.json>

ბმულზე განთავსებულია სიმულაცია, რომელიც რამდენიმე ეტაპისგან შედგება. მისი საშუალებით შესაძლებელია გენის ექსპრესიაზე დაკვირვება,

სხვადასხვა ტიპის მუტაციის გამოწვევა და შესაბამისი ცვლილებების მიღება საბოლოო პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში.

### 3. სანიწოვრების მასალა

ადამიანმა მცენარეების მოშენება ათასობით წლის წინ დაიწყო და სელექციის საშუალებით კულტურული მცენარეების უამრავი ჯიშით გამოიყვანა. ხელოვნური გადარჩევა ყველაზე ხშირად ეყრდნობოდა მცენარეთა ისეთ თვისებებს, როგორცაა კონკრეტული ორგანოს ზომა, დეკორატიულობა, საგემოვნო თვისებები და ქცევითი თვისებებები (სეზონურობა, მოსავლის პერიოდი და ა.შ.). მცენარეთა კულტურული ჯიშების გამოყვანამ ბევრი რამ შეცვალა პირველყოფილი საზოგადოების ცხოვრებაში. ადამიანი გადაერთო მიწის დამუშავებაზე და უარი თქვა მომთაბარეობაზე, დახვეწა შრომის იარაღები და შექმნა შრომასა და განვითარებაზე ორიენტირებული საზოგადოება. სწორედ პირველი „ფერმერების“ მიერ შექმნილი მცენარეებია დღევანდელი მსოფლიოს ძირითადი საკვები წყარო – ხორბალი, ბრინჯი, სიმინდი და სხვა (1).

მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში მცენარეთა ჯიშების გამოყვანაში ახალი ტალღა, ე.წ. „მწვანე რევოლუცია“ დაიწყო. მან პრიორიტეტად დაისახა მაღალმოსავლიანობისა და დაავადების მიმართ მდგრადობის გაძლიერება კულტურულ ჯიშებში. ასევე, ორიენტირებული იყო მცენარის საერთო ზომების შემცირებაზე (რათა ბრდაზე მინიმალური სასიცოცხლო ენერჯია დახარჯულიყო) და ნიადაგის მინიმალურ საჭიროებაზე (სასოფლო-სამეურნეო მიწების დაზოგვის მიზნით).

უკვე წინა საუკუნის ბოლოდან, გენეტიკის განვითარებასთან ერთად, აქტიურად დაიწყო მცენარეთა კულტივირების პროცესში გენური ტექნოლოგიების გამოყენება – ახალი ნიშან-თვისებების გამოყვანა ხდებოდა მცენარის მემკვიდრული მასალის ცვლილების შედეგად. ამან დააჩქარა და გააფართოვა სასურველი ჯიშების გამოყვანის პროცესი. შემცირდა შედეგის მისაღებად საჭირო დრო. ნაცვლად ხანგრძლივი პროცესისა, რომელიც ხშირად რამდენიმე თაობას მოიცავდა, მეცნიერებმა შეძლეს საჭირო თვისების სწრაფად მიღება სამიზნე მცენარის გენომში შესაბამისი დნმ-ის ჩასმის შედეგად.

გენური ინჟინერიის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა არსებული ორგანიზმების „გაუმჯობესება“ ადამიანის საჭიროებიდან გამომდინარე ან სულაც ახლის შექმნა. მნიშვნელოვნად გაიზარდა შესაცვლელი ნიშან-თვისებების ჩამონათვალიც. მცენარეთა სასურველი თვისებების ჩამონათვალი მოხვდა:

- მდგრადობა ინფექციებისა და მავნებლების მიმართ;
- მდგრადობა ჰერბიციდების მიმართ (რომელთაც იყენებენ სარეველების წინააღმდეგ);
- მაღალი კვებითი ღირებულება;
- მდგრადობა ტრანსპორტირებისა და შენახვის პირობების მიმართ;
- შაქრის მაღალი შემცველობა;
- მასობრივი წარმოების შესაძლებლობა;
- ვიზუალური მხარის შენარჩუნება მოხმარების პროცესში (მაგალითად, ფერის, სუნისა და გემოს შენარჩუნება მოხმარების პროცესში, ბოსტნეულის ან ხილის დაჭრის შემდეგ).

გენური ტექნოლოგიების გამოყენებამ გაითვალისწინა კლიმატის ცვლილების თანამედროვე გამოწვევები და საჭირო ნიშან-თვისებების ჩამონათვალს დაემატა:

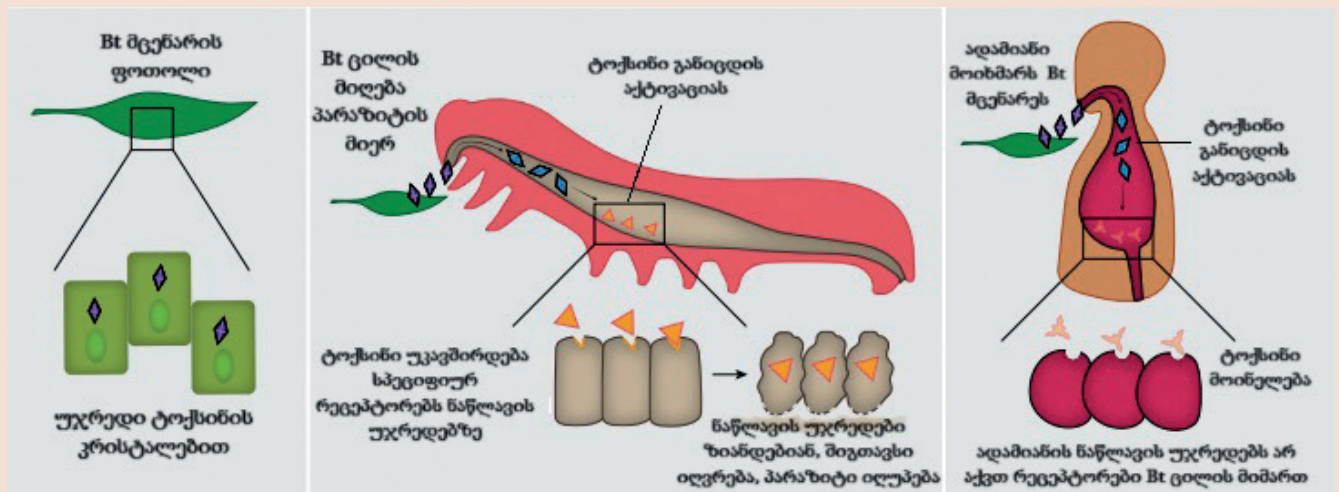
- გვალვისადმი გამძლეობა;
- სიცხისა და სიცივისადმი გამძლეობა;
- არასტაბილური კლიმატის პირობებში საკვები მინერალების ათვისების ეფექტურობა;
- წყლის გამოყენების ეფექტურობა;
- ატმოსფერული ნახშირბადის ორგანულ ფორმაში გადაყვანის ეფექტურობა.

თანამედროვე კვებითი რეკომენდაციების გათვალისწინებით ყურადღება მიექცა საკვები პროდუქტების ქიმიურ შედგენილობასაც, ამ მიმართულებით მნიშვნელოვანი გახდა:

- ხორბლის სხვადასხვა ჯიშებში გლუტენის შემცველობის შემცირება;
- შესაბამის კულტურებში „კარგი“ ცხიმების შემცველობის გაზრდა;
- პროდუქტის საერთო კვებითი ღირებულების გაზრდა.

ამგვარად, გენური ტექნოლოგიების საშუალებით მრავალი გამოწვევის დაძლევა გახდა შესაძლებელი. მავნებელი მწერებისგან დაცვა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემაა, რომლის გადაჭრის გარეშე დიდი რაოდენობით მაღალი ხარისხის მოსავლის მიღება, შემდეგ კი პროდუქციის ჯანსაღი სახით შენარჩუნება პრაქტიკულად შეუძლებელია. კვლევების დიდი ნაწილი იმთავითვე ამ მიმართულებით წარმართა (2, 3).

დღეს უკვე წარმატებით არის დანერგილი გენური ინჟინერიის მეთოდები, რომლებიც ქმნიან გენმოდულიციურულ, ე.წ. Bt მცენარეულ კულტურებს. ამ მცენარეების გენომში ხელოვნურად შეჭყავთ გენი, რომელიც პასუხისმგებელია უჯრედში Bt ცილის წარმოებაზე. ეს უკანასკნელი ტოქსიკურია მწერებისათვის და ანადგურებს მათ მომწელებელი სისტემის დაზიანების გზით. Bt აბრევიატურა მიანიშნებს ბაქტერიის, *Bacillus thuringiensis* სამეცნიერო სახელწოდების პირველი ასოებზე, რომლისგანაც იღებენ Bt ცილის სინთეზზე პასუხისმგებელ გენს.



რომ მისი გამოყენება შესაძლებელია მცენარეებზე შესხურებითაც, თუმცა ეს მიდგომა შედარებით ნაკლებ ეფექტურია მავნებლების წინააღმდეგ. <https://explore.globalhealing.com/what-is-the-bt-toxin/> ტრანსგენური Bt მცენარეული კულტურის მისაღებად შემდეგ პროცედურას მიმართავენ (4):

- საჭირო გენის გამოყოფა *Bacillus thuringiensis*-დან;
- გენის კლონირება (გამრავლება);
- გენის „დაპროექტება“ – გენისთვის ჩასაშენებლად საჭირო ფორმის მიცემა და ფუნქციონირებისათვის საჭირო მაკონტროლებელი კომპონენტების დამატება;
- მცენარეული უჯრედის მომზადება გენის მისაღებად;
- გენის ჩაშენება მცენარეულ უჯრედში – ამ მიზნით მიმართავენ განსხვავებულ ტექნოლოგიებს;
- ტრანსგენური უჯრედიდან ქსოვილოვანი კულტურის მეთოდით მთლიანი მცენარის მიღება.

როდესაც მავნებელი მწერი ტრანსგენური მცენარის ნაწილებით იკვებება, Bt ცილა მის ორგანიზმში ხვდება. ტოქსინი უკავშირდება ნაწლავის ამომდენი უჯრედების შესაბამის რეცეპტორებს, წარმოქმნის „ხვრელებს“ მწერის ნაწლავში და აზიანებს მას, რასაც საბოლოოდ მწერის სიკვდილი მოჰყვება (5).

თავად *Bacillus thuringiensis* ტოქსინის მოქმედებისგან დაცულია, რადგან მის ორგანიზმში გამოიშვება ვებულ ნატიურ Bt ცილას გააჩნია ერთ-ერთი დომენი (ნაწილი), რომელიც ბაქტერიაში მის სწრაფ დაშლას განაპირობებს და შესაბამისად, ტოქსიკურ ზემოქმედებას ადგილი არ აქვს.

Bt ტექნოლოგიით მრავალი მავნებლის დამარცხება შესაძლებელია. დღესდღეობით მას ფართოდ იყენებენ სიმინდისა და ბამბის წარმოებაში. ზოგიერთ რეგიონში დანერგილია ბრინჯის, სოიოსა და ბადრიჯნის წარმოება, კარტოფილის მოყვანაში ამ ტექნოლოგიის გამოყენება მოსამზადებელ ეტაპზეა.

Bt ტექნოლოგიის გამოყენებას რამდენიმე დადებითი მხარე აქვს. პირველ ყოვლისა, ის მავნებლებთან წინააღმდეგ ბრძოლის ეფექტიანი საშუალებაა. გარდა ამისა, ის ერთგვარი ბიოლოგიური იარაღია და თავიდან აცილებს ფერმერებს პესტიციდების გამოყენების საჭიროებას, წარმატებით უწყევს რა მათ კონკურენციას. გენური ინჟინერიის ეს მეთოდი შესაძლებელია მიმართული იყოს ერთი რომელიმე სახეობის მწერის მიმართ, საჭიროების მიხედვით, ანუ მოქმედებდეს მიზანმიმართულად და არა ბრმად. Bt ტექნოლოგიის კიდევ ერთი სარგებელია ის, რომ ბევრი მავნებელი, ამავდროულად, სოკოვანი და ბაქტერიული დაავადებების გამავრცელებელიცაა. შესაბამისად, მათი განადგურება ამ ინფექციების პრევენციის ეფექტიანი საშუალებაა. სხვა სიტყვებით, ერთი გასროლით, ორი კურდღელი კვდება, რაც, ყველაფერთან ერთად, ფინანსურადაც მომგებიანია.

Bt ტექნოლოგიის გამოყენებას თან გამოწვევებიც ახლავს. ბიოლოგიურ იარაღს შესაძლოა ევოლუციური პროცესები დაუპირისპირდეს და მავნებლებში Bt ცილების მიმართ მდგრადობა განვითარდეს (6).

რეზისტენტობის პრობლემა ყოველთვის იჩენს თავს, როდესაც საქმე მავნებლებს ან პარაზიტ მიკროორგანიზმებს ეხება. მდგრადობის საფუძველი შეიძლება იყოს არსებული გენის (S) სახეცვლილი, მუტანტური ალელი (R), რომლის პროდუქტიც მონაწილეობს Bt ტექნოლოგიაში. მაგალითად: Bt ცილის გენი; ამ ცილის რეცეპტორის (რომელიც ასევე ცილაა) გენი; უჯრედში Bt ცილის ტრანსპორტირებისთვის და ადჰეზიისათვის საჭირო კომპონენტების სინთეზზე პასუხისმგებელი გენი და ა.შ. თითოეულ ამ შემთხვევაში გენმოდიფიცირებული მავნებლის გენოტიპი შეიძლება იყოს RR, SS, ან RS. უფრო ხშირად მუტანტური ალელი რეცესიულია.

მეცნიერებმა პრობლემას დაუპირისპირეს სტრატეგია, რომლის დროსაც გენმოდიფიცირებული კულტურები (რომელთა უჯრედებშიც გამოიშვება Bt ცილები) და არა Bt-კულტურები შერეულად, საერთო ტერიტორიაზე, ერთმანეთის ახლოს ითესება (7).

<https://www.biologydiscussion.com/plant-biotechnology-2/representation-of-high-doserefuge-strategy-genetics/72167> გენმოდიფიცირებულ კულტურებად იყენებენ მცენარეებს, რომლებიც გამოიმუშავებენ Bt ცილებს დიდი რაოდენობით, რასაც ჰიპოთეტურად, მავნებლების მხოლოდ ძალიან მცირე ნაწილი თუ გადაურჩება და მოახერხებს მდგრადობის შექმნას. ამგვარად, მავნებელი მწერების საერთო პოპულაციაში აღმოჩნდება, როგორც Bt ცილების მიმართ მდგრადი ინდივიდები მცირე რაოდენობით (პირობითად, RR, ანუ R – Resistance, მდგრადი), ასევე, Bt ცილების მიმართ მგრძობიარე მავნებლები (SS და SR, ანუ S – Susceptible, მგრძობიარე). მგრძობიარე ინდივიდებთან შეჯვარების შედეგად „მდგრადის ალელის“ სიხშირე პოპულაციაში კლებულობს და პროცესი ექვემდებარება მართვას.

კიდევ ერთი სტრატეგიაა მავნებლების წინააღმდეგ რამდენიმე Bt ცილის ერთობლივი გამოყენება, რაც ამცირებს რეზისტენტობის გამოიმუშავების ალბათობას. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ სახეცვლილი ალელი დომინანტური აღმოჩნდება, დიდია ალბათობა, რომ Bt ტოქსინის მაღალი კონცენტრაციები და ქიმიური მრავალფეროვნება, „მოერევა“ მუტანტ მწერებს და მდგრადობის გამოიმუშავების ალბათობა კვლავ მცირე დარჩება.

გთავაზობთ კითხვებს, რომელთა გამოყენებაც შესაძლებელია ინფორმაციის გააზრების მიზნით:

- რა პროცესები უდევს საფუძვლად მცენარეთა ახალი ჯიშების გამოყვანას გენური ტექნოლოგიების გარეშე?
- რატომ არის მნიშვნელოვანი მცენარის ისეთი ნიშან-თვისება, როგორცაა ატმოსფერული ნახშირბადის ორგანულ ფორმაში ეფექტიანად გადაყვანა?
- რას გულისხმობს ფრაზა „Bt ცილის სინთეზზე პასუხისმგებელი გენი“?
- გენის „დაპროექტების“ ეტაპზე Bt ცილის გენს აშორებენ ნუკლოტიდურ თანმიმდევრობას, რომელიც ცილის ერთ-ერთ დომენს აკოდირებს. აღნიშნულის გარეშე Bt ტექნოლოგიის გამოყენება აზრს კარგავს. თქვენი აზრით, რომელ დომენზეა საუბარი და რატომ არის აუცილებელი დნმ-ის ამ ფრაგმენტის მოშორება?
- Bt ცილა სპეციფიკურია კონკრეტული მწერისათვის და განსხვავდება სხვა მწერის წინააღმდეგ გამოყენებული Bt ცილისაგან. რამ შეიძლება გამოიწვიოს ეს განსხვავება?
- რომელმა მექანიზმებმა შეიძლება გამოიწვიოს მწერებში რეზისტენტობის განვითარება Bt ცილის მიმართ?
- რამდენად მდგრადი იქნება Bt ცილის მიმართ SR გენოტიპის მქონე ინდივიდები, თურეზისტენტობის გამოწვევი გენი რეცესიულია?

შეჯამების სახით შეიძლება ითქვას, რომ აქტივობის ფარგლებში მოსწავლე შეიძენს/განიმტკიცებს ცოდნას გენეტიკის, მოლეკულური ბიოლოგიის, ევოლუციის საკითხებთან მიმართებაში; გამოიყენებს ამ ცოდნას და შეთავაზებულ ციფრულ ინსტრუმენტებს კონკრეტული პრობლემის გადასაჭრელად, დაუკავშირებს სწავლის პროცესს თანამედროვეობის გამოწვევებს.

აქტივობა შესაძლებელია განხორციელდეს ინდივიდუალურად ან წყვილებში. შეფასების მიზნით

მასწავლებელს შეუძლია გამოიყენოს შეთავაზებული კითხვები, მოახდინოს მათი ადაპტირება ან/და დაამატოს საკუთარი. უნდა ითქვას ისიც, რომ სიმულაციის საშუალებით ცოდნის შეძენა უფრო მარტივი და სახალისოა. მოსწავლეს ექნება შეცდომების დაშვების, შედეგების ნახვისა და მათი გამოსწორების საშუალება, რაც „თამაშის“ ნაწილია და ახალი ცოდნის მიღების კარგ საშუალებას წარმოადგენს. შესაძლებელია აქტივობის გამდიდრება დამატებითი შინაარსითაც. როგორცაა, მაგალითად, გენური ინჟინერიის მეთოდები და მათი გამოყენება თანამედროვეობის სხვა პრობლემების წინააღმდეგ.

#### ლიტერატურა:

1. Eras of Crop Improvement. Science & Math Investigative Learning Experiences. Oregon State University. <https://smile.oregonstate.edu/lesson/eras-crop-improvement>
2. James C. Global Status of Commercialized Biotech/GM
3. Crops: 2009. ISAAA Brief No. 41. ISAAA, Ithaca, NY; 2009
4. James C. Global Status of Commercialized Biotech/GM
5. Crops: 2009. ISAAA Brief No. 41. ISAAA, Ithaca, NY; 2009
6. James C. Global Status of Commercialized Biotech/GM
7. Crops: 2009. ISAAA Brief No. 41. ISAAA, Ithaca, NY; 2009
8. James C. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: No. 41. ISAAA, Ithaca, NY; 2009.
9. Amna Adnan. Agriculture. Bt Corn: Method, Mode of Action and Benefits. 2010. [https://biotecharticles.com/Agriculture-Article/Bt-Corn-Method-Mode-of-Action-and-Benefits-236.html#google\\_vignette](https://biotecharticles.com/Agriculture-Article/Bt-Corn-Method-Mode-of-Action-and-Benefits-236.html#google_vignette)
10. What is Bt Corn? Biochemical Explanation of Bt Corn. <http://whatisbtcorn.pbworks.com/w/page/12449526/Biochemical%20Explanation%20of%20Bt%20Corn>
11. Chen D, Moar WJ, Jerga A, Gowda A, Milligan JS, Bretsnyder EC, et al. Bacillus thuringiensis chimeric proteins Cry1A.2 and Cry1B.2 to control soybean lepidopteran pests: New domain combinations enhance insecticidal spectrum of activity and novel receptor contributions. PLoS ONE 16(6). 2021.
12. Bakhsh A, Rao AQ, Shahid AA, Husnain T, Riazuddin S. Resistance development in bollworms against Bt proteins deployed in genetically modified cotton. Journal of Entomology and Zoology 6 (1). 2018.
13. Representation of High-Dose/Refuge Strategy. Biology discussions. <https://www.biologydiscussion.com/plant-biotechnology-2/representation-of-high-doserefuge-strategy-genetics/72167>



# ტრანსპირაციის ბიოფიზიკა ქალაქის გაზვანების პროცესში

ტრანსპირაციის პროცესის შეფასება და აორთქლებული წყლის რაოდენობის განსაზღვრა სხვადასხვა სახეობის/ჯიშის მცენარეში.



**ქეთევან ვაშიშვილი**

ეკოლოგიის მაგისტრი, ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის, ბოტანიკის ინსტიტუტის სოკოებისა და სპოროვანი მცენარეების განყოფილების უფროსი ლაბორანტი

## შესავალი

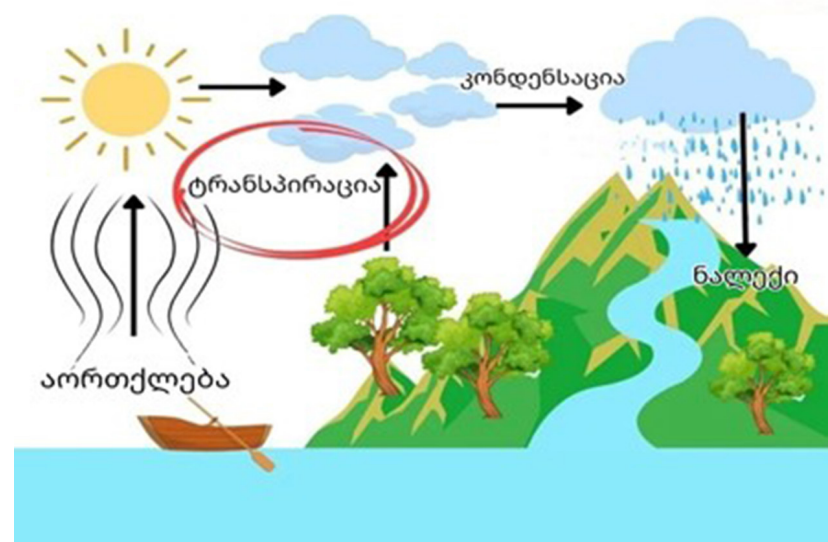
XXI საუკუნეში არსებული გამოწვევები, როგორცაა სწრაფი ურბანიზაცია, მწვანე სივრცეებისა და ჰაბიტატების სწრაფი კლება, საფრთხეს უქმნის დედამიწაზე არსებულ ბიომრავალფეროვნებას, რასაც მსოფლიო მცენარეებაში დიდი ყურადღება ექცევა. უმნიშვნელოვანესია ბიომრავალფეროვნების გონივრული მოხმარება და დაცვა-შენარჩუნება. ცოცხალი სამყაროს შესწავლის დროს მნიშვნელოვანია ვფლობდეთ ამომწურავ ინფორმაციას ცოცხალ ორგანიზმში მიმდინარე ფიზიოლოგიურ პროცესებზე.

წინამდებარე სტატია წარმოადგენს ექსპერიმენტს და ეხება მცენარის ტრანსპირაციის პროცესის შესწავლასა და მის გამოყენებას პრაქტიკაში. მოცემული ექსპერიმენტის მიზანია ტრანსპირაციის აღწერა, რათა შესაძლებელი იყოს ბიომრავალფეროვნების გონივრული მართვა, აქედან გამომდინარე კი, შევძლებთ შევინარჩუნოთ ცოცხალი ორგანიზმების მრავალფეროვნება და მდგრადობა.

სანტერესოა, რატომ სჭირდება მცენარეს ტრანსპირაცია? – საქმე ისაა, რომ მცენარე მთლიანად დამოკიდებულია ჰაბიტატზე.<sup>1</sup> ხშირად, როდესაც მცენარეს არსებობისთვის არ აქვს შესაბამისი პირობები ტრანსპირაციის გზით გრილდება და გადახურებისგან

იცავს თავს. უნდა აღინიშნოს, რომ ტრანსპირაცია ფოტოსინთეზის პროცესშიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. ეს უკანასკნელი კი, როგორც მცენარეებისთვის, ისე ადამიანებისთვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია.

ტრანსპირაცია, ესე იგი, წყლის აორთქლება, არის ტრანსპირაციული ნაკადის ძირითადი ნაწილი. ტრანსპირაციული ნაკადი არის პროცესი, რომელიც საფუძვლად უდევს მცენარის მიერ წყლის გამოყოფას გარემოში, რაც მცენარეში ნივთიერებათა გადაადგილებით, ფესვებიდან ფოთლებისკენაა შესაძლებელი. მცენარეებში ნივთიერებების გადაადგილება ძირით



თადად ორი გზით მიმდინარეობს, ეს არის ტრანსპირაციული ნაკადი (აღმავალი), რომლის დროსაც წყალი და მასში გახსნილი მინერალური მარილები გადაადგილდება ფესვებიდან ფოთლებისკენ და მეორე სატრანსპორტო გზა, საასიმილაციო ნაკადი (დაღმავალი), რომლის დროსაც გადაადგილდება ფოტოსინთეზის პროდუქტები მცენარის სხვა ნაწილებში. ნივთიერებების გადაადგილება ქსილემას<sup>2</sup> და ფლოემას<sup>3</sup> გამტარი ქსოვილებით ხორციელდება. როგორც ვხედავთ, მცენარეში ტრანსპირაციის პროცესი ფოთოლში მიმდინარეობს, რადგან იგი წყალს სპეციალური უჯრედების, ბაგეების, საშუალებით აორთქლებს. ბაგეები ფოთლის ზედაპირზეა განლაგებული. მათ გააჩნიათ გაღება-დახურვის ფუნქცია, რაზედაც დამოკიდებულია ტრანსპირაციის ინტენსივობა. მართალია, მცენარე წყალს სხვა საშუალებებითაც კარგავს, მაგრამ წყლის ყველაზე დიდი რაოდენობით დაკარგვა მცენარეს მხოლოდ ტრანსპირაციით შეუძლია.

ტრანსპირაციის შესახებ არსებული თეორიული ცოდნა, აუცილებელია მოსწავლემ პრაქტიკულად გაიაზროს, ამრიგად, წარმოგიდგინთ ექსპერიმენტს, რომლის მიზანია, **მოსწავლეს გამოუმუშავოს შემდეგი უნარ-ჩვევები:**

- პრობლემის იდენტიფიცირება, გადაჭრის გზების მოძიება და მიღებული შედეგების გაანალიზება;
- შეკითხვებზე პასუხის გაცემისას არგუმენტირებულად მსჯელობა – საკუთარი მოსაზრებების დასაბუთება შესაფერისი არგუმენტების მოყვანით;
- დასმული პრობლემების გადასაჭრელად არასტანდარტული გზების მოძიება;
- სწრაფვა გარემოს გარდაქმნა-გაუმჯობესებისკენ;
- სწავლა-სწავლების პროცესში ინტერესისა და ცნობისმოყვარეობის გამოვლენა;
- ახალი იდეების, მიდგომების, შესაძლებლობების ძიება და მათი განხორციელება სწავლის გაუმჯობესების მიზნით.



**წინამდებარე ექსპერიმენტი მოიცავს მდგრადი განვითარების შემდეგ მიზნებს:**

- N11-მდგრადი ქალაქები და დასახლებები;
- N12-მდგრადი მოხმარება და წარმოება;
- N13-კლიმატის ცვლილების საწინააღმდეგო ქმედებები;
- N15-დედამიწის ეკოსისტემები.

**კავშირი სამოქალაქო განათლებასთან:**

მოკლედაგრძელებადიანი მიზნების დასახვა; მდგრადი განვითარების პრინციპების გააზრება და მათ საფუძველზე მოქმედება; მდგრადი განვითარების პრინციპების მიხედვით მოქმედება და მიზნების შესაბამისი აქტივობების დაგეგმვა.

**საკვლევი შეკითხვა:**

როგორ გამოვავლინოთ მცენარეები, რომლებსაც ყველაზე სწრაფი ან ნელი ტრანსპირაცია ახასიათებთ, რათა მცენარის ტრანსპირაციის სიჩქარის მახასიათებლები გამოვიყენოთ ქალაქის გამწვანების დაგეგმარების დროს?

**საგნობრივი ინტეგრაცია:** ბიოლოგია, ქიმია, მათემატიკა, ისტ, ინჟინერია.

**სამიზნე ჯგუფი:** სამივე საფეხურის მოსწავლეები.

**პროექტის ხანგრძლივობა:**

პროექტის ხანგრძლივობა ინდივიდუალურია, სამუშაო ჯგუფის შესაბამისად. უშუალოდ ექსპერი-

მენტს კისტირდება 2 საათი და 30 წუთი. სასურველია, მასწავლებელმა ექსპერიმენტის ჩატარებამდე მოსწავლეებს რამდენიმე დღით ადრესთხოვოს საკვლევი მცენარეებზე ინფორმაციის დამუშავება, ექსპერიმენტის ჩატარების შემდეგ კი, ცალკე დღე გამოყოს შედეგების ანალიზისთვის, დასკვნებისა და დისკუსიისთვის.

### მისაღწევი შედეგი:

მოსწავლეებმა იციან ტრანსპირაციის მნიშვნელობა, რისი გამოყენებითაც მათ შეუძლიათ დააგეგმონ ბოტანიკურად, ეკოლოგიურად და ესთეტიურად მწვანე ეკომეგობრული ქალაქი. აღნიშნული შედეგის მისაღწევად, საჭიროა შემდეგი საგნების ინტეგრირება: ბიოლოგია და ინჟინერია.

მოცემულ პროექტში STEM განათლების მიზნების შესაბამისად ინტეგრირებულია შემდეგი საგნები:

**ქიმია** – წყალი როგორც ნივთიერება, აგრეგატული მდგომარეობების და ქიმიური თვისებების გაცნობა.

**მსმ, მათემატიკა** – გრაფიკის, ცხრილის, დიაგრამის აგება ექსელში ან სხვა პროგრამაში; ცვლადების (დამოუკიდებელი, დამოკიდებული) ტრანსპირაციის სიჩქარის დადგენა.

**ბიოლოგია** – მცენარის ეკოლოგიისა და ფიზიოლოგიის შესწავლა.

**ინჟინერია** – ქალაქის გამწვანების დაგეგმარება, მცენარის მახასიათებლების მიხედვით.

### პროექტის მოკლე შესავალი

საგაკვეთილო პროცესში კლასი შეიძლება გაიყოს რამდენიმე ჯგუფად, მოსწავლეების რაოდენობის მიხედვით. ჯგუფში შეიძლება იყოს 3-4 მოსწავლე. თითოეულ ჯგუფს ეძლევა წინასწარ შერჩეული ორი სახეობის მცენარე და მასალა ექსპერიმენტისთვის.



ექსპერიმენტის ჩატარების დროს თითოეული მცენარე ილუქება ეტაპობრივად 10, 20, 30 და 60 წუთის განმავლობაში. ჯგუფები აგროვებენ და ზომავენ მცენარის სუნთქვის შედეგად დაგროვილი წყლის რაოდენობას და ითვლიან მცენარეების სუნთქვის სიჩქარეს. სამუშაო ფურცელზე მოსწავლეები იწერენ მოცულობისა და დროის მონაცემს ორი განსხვავებული სახეობისთვის, განსაზღვრავენ და ადარებენ მათ ტრანსპირაციის სიჩქარეს, რათა დაინახონ, თუ რომელი იყო რეაქციის ყველაზე მაღალი სიხშირე და განიხილონ, როგორ შეიძლება მცენარის უნიკალური მახასიათებლები (ფოთლის ზედაპირის ფართობი, ტრანსპირაციის სიჩქარე) გამოიყენონ საცხოვრებელი ადგილის გამწვანებაში.

პროექტის განმავლობაში განსახორციელებელი სამუშაოები იყოფა 3 ეტაპად:

1. ინფორმაციის მოძიება და დამუშავება გამოსაკვლევი სახეობების შესახებ.
2. ექსპერიმენტის ჩატარება, დაკვირვება და მონაცემების დამახსოვრება.

3. მიღებული ინფორმაციის დამუშავება, დისკუსია, დასკვნების გამოტანა და რეკომენდაციების შემუშავება.

**ექსპერიმენტისთვის საჭირო მასალები:**

- მცენარის 4 სახეობა;
- ორლიტრიანი პლასტმასის ბოთლი;
- სასწორი (სასურველია ლაბორატორიული სასწორი);
- შავი მარკერი, წებოვანი ლენტე;
- წამბონი/ტაიმერი;
- სარწყავი;
- სამუშაო ფურცელი;
- ფერადი ფანქრები;
- საკვები საღებავი;
- პოლიეთილენის პარკი/კონტეინერი.

**ცდისთვის საჭირო მასალები 1 ჯგუფზე გაანგარიშებით**

1. ორი სახეობის მცენარე;
2. საკვები საღებავით წინასწარ შეღებილი წყალი;
3. სასწორი (სასურველია ლაბორატორიული სასწორი);
4. 1 ცალი ორლიტრიანი პლასტმასის ბოთლი;
5. 1 ცალი მარკერი ;
6. წამბონი/ტაიმერი;
7. სარწყავი(სასურველია წყლით სავსე);
8. სამუშაო ფურცელი(ჯგუფში მოსწავლეთარაოდენობის შესაბამისად);
9. პოლიეთილენის პარკი/კონტეინერი, 8 ცალი.



**პროექტის პირველ ეტაპი:**

სთხოვეთ მოსწავლეებს ინფორმაცია მოიძიონ წინასწარ შერჩეულ ოთხი სახეობის მცენარეზე – სამეცნიერო სახელი, ადგილობრივი სახელი, მახასიათებლები (როგორცაა სინათლის, წყლისა და ნიადაგის მოთხოვნები) და სიმალლე, რაც წამოადგენს აქტივობის შესავალ ნაწილს.

**პროექტის მეორე ეტაპი:**

მეორე ეტაპს წარმოადგენს ექსპერიმენტი და მონაცემების შეგროვება.

სანამ მოსწავლეები უშუალოდ ექსპერიმენტის ნაწილზე გადავლენ, აუცილებელია მასწავლებლებისთვის შემდეგი პროცედურების გავლა.

**პროცედურები ექსპერიმენტის დაწყებამდე მასწავლებლისთვის:**

- შეაგროვეთ ექსპერიმენტისათვის საჭირო ყველა მასალა წინასწარ.



- გააკეთეთ სამუშაო ფურცლის ასლები თითოეული მოსწავლისთვის (იხ. ფორმა დანართში 1).
- შეურიეთ საკვები საღებავები ონკანის წყალს. 2 ლიტრა წყლისთვის 10 წვეთი საკვები საღებავი.

- ეს აქტივობა საუკეთესოდ მუშაობს გარეთ, მზიან დღეს. მიიტანეთ მასალები და მცენარეები გარე ზონაში, რომელიც იღებს მზის პირდაპირ სხივებს.

პროცედურები ექსპერიმენტის დაწყებამდე მოსწავლეებთან ერთად:

1. თავდაპირველად დაყავით კლასი 3-4 მოსწავლისგან შემდგარ ჯგუფებად, კლასის ზომისა და რესურსების მიხედვით და დაურიგეთ სამუშაო ფურცლები.
2. სთხოვეთ მოსწავლეებს სამუშაო ფურცლებზე ჩაწერონ ექსპერიმენტის დაწყების დრო, ტემპერატურა, ამინდის პირობები.
3. მცენარის თითოეულ სახეობას მინიჭეთ მცენარის ID (ნომერი).
4. სთხოვეთ თითოეულ ჯგუფს შეარჩიოს მათთვის განსხვავებული მცენარის სახეობა შესასწავლად.
5. ესაუბრეთ მოსწავლეებს მცენარის სახეობების მახასიათებლების შესახებ და სთხოვეთ მოძიებული ინფორმაციის გაზიარება სხვებისთვის.
6. მოსწავლეებმა უნდა დახატონ მთლიანი მცენარე და დეტალურად გამოსახონ ფოთოლი, ღერო, ყვავილი და მცენარის სხვა საიდენტიფიკაციო ნიშნები.

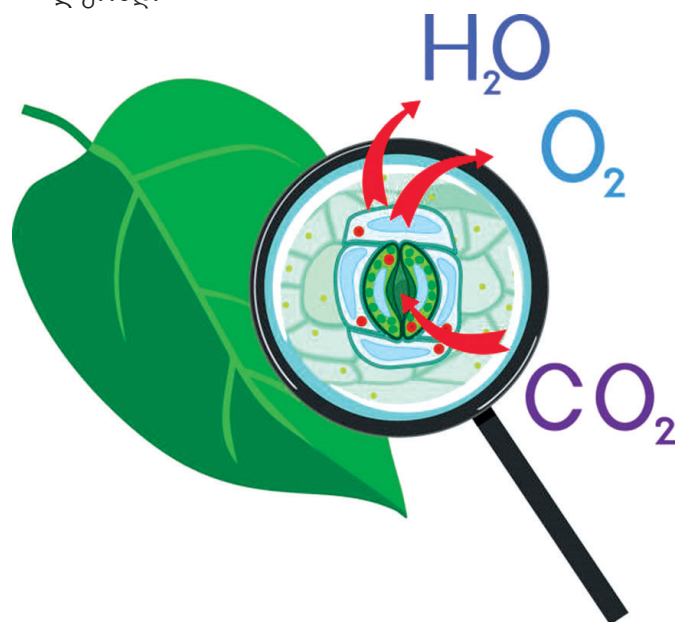
### ექსპერიმენტის თანმიმდევრობა

- შავი მარკერით, პოლიეთილენის პარკებს/კონტეინერებს მოსწავლეებმა უნდა დააწერონ მცენარის ID. სასწორზე უნდა აიწონოს პარკი/კონტეინერი მანამ, სანამ მოხდება მცენარეზე მათი მორგება და ჩაიწეროს საწყისი წონა.
- კონტეინერი/პარკი უნდა მოთავსდეს მცენარის ირგვლივ და დაილუქოს (სასურველია გამოიყენოთ წებოვანი ლენტები).
- დააყენეთ წამბომი ან ტაიმერი 10 წუთის განმავლობაში.
- როდესაც 10 წუთი გავა, ფრთხილად ამოიღეთ კონტეინერი/პარკი ისე, რომ არ დაიღვაროს დაგროვილი წყალი.

- მოათავსეთ პოლიეთილენის კონტეინერი/პარკი სასწორზე და ჩაწერეთ მისი ამჟამინდელი წონა სამუშაო ფურცელზე.

- შეცვალეთ კონტეინერი/პარკი მცენარეზე და გაიმეორეთ იგივე; შესაბამისად, 20, 30 და 60 წუთიანი დაყოვნებით. თითოეული ახალი დალუქვის დროს მორწყეთ მცენარე შეღებილი წყლით.

**გახსოვდეთ:** ჩაწერეთ თქვენი დაკვირვებები დეტალურად.



### მესამე ეტაპი:

მესამე ეტაპი ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგების განხილვა, ანალიზი, დასკვნები და დისკუსიაა. რაც უნდა განხორციელდეს შემდეგნაირად:

1. მასწავლებელმა უნდა შეაფასოს მოსწავლეების მიერ დახატული მცენარეების მახასიათებლები: ფოთლის ფორმა, ყვავილის ფერი და ა.შ.
2. მასწავლებელმა შეაგროვოს მოსწავლეთა ჯგუფების მიერ შევსებული სამუშაო ფურცლები.
3. კლასი შეიკრიბოს შედეგების განსახილველად და მონაცემთა გასანალიზებლად.
4. მოსწავლეებმა ერთად დაამუშავეთ ინფორმაცია თითოეული სახეობებისთვის ცალ-ცალკე. შეადგინონ ცხრილი, სვეტოვანი და წრიული დიაგრამები.

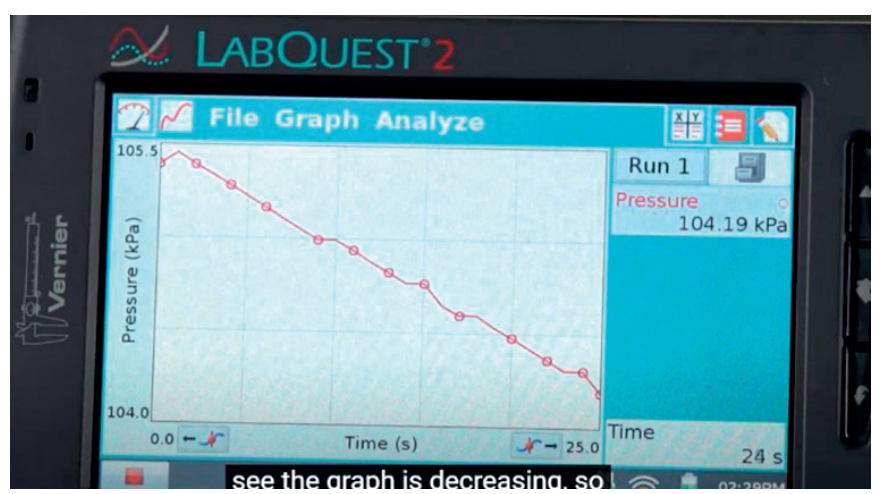
5. მოსწავლეებმა დაასრულონ სამუშაო ფურცლები, დანართში მოცემული რეფლექსიური კითხვარის შესაბამისად.
6. მოსწავლეებმა მონაცემები გრაფიკულად უნდა დაამუშავონ ექსელში, თითოეული სახეობისთვის ცალ-ცალკე და გააკეთონ ცალკეული მონაცემების ერთობლივი ანალიზი (ყველა სახეობისთვის ერთად).
7. მოსწავლეებმა უნდა დაადგინონ შერჩეულ მცენარეებში, რომელს ახასიათებს ყველაზე სწრაფი და ნელი ტრანსპირაცია.
8. მოსწავლეებმა უნდა განსაზღვრონ რომელი სახის მცენარეების გამოყენება არის უფრო რელევანტური ადგილობრივი ქალაქის გამწვანებაში.

მესამე ეტაპი უნდა დასრულდეს საკლასო დისკუსიის წარმართვით, რათა მოსწავლეებმა გაუზიარონ ერთ-ერთს მიღებული შედეგები და გამოიტანონ დასკვნები.

**შეკითხვები რეფლექსიისთვის (მოსალოდნელი პასუხებით):**

- წყლის ციკლის რომელ ფაზაშია მცენარის სუნთქვა? აღწერეთ ფაზები.  
(პასუხი: მცენარის სუნთქვა ცნობილია, როგორც ტრანსპირაცია. ეს არის წყლის ნაკადი მიწიდან ფოთლებამდე, სადაც მას ფესვები იღებენ და შემდეგ ორთქლდება ფოთლების მეშვეობით. აორთქლებული წყალი კი კონდენსირდება).

- ლუქის მოხსნის შემდეგ რა გროვდებოდა პარკზე/კონტეინერზე?  
(პასუხი: წყალი.)
- რა არის რეაქციის სიჩქარე და როგორ ეხება ის წყლის ციკლს?  
(პასუხი: რეაქციის სიჩქარე არის სიჩქარე, რომლითაც წყალი გადადის ერთი ფაზიდან მეორეში. მაგალითად, მცენარის შეწოვიდან ტრანსპირაციამდე.)
- რა ფერის იყო მცენარის გამოყოფილი წყალი კონდენსაციის შემდგომ და რატომ?  
(პასუხი: გამჭვირვალე. მხოლოდ სუფთა წყალს შეუძლია აორთქლება. წყალში არსებული ნებისმიერი დამაბინძურებლები შეიწოვება ნიადაგით ან რჩება მცენარეების ორგანულ ბიომასაში.)
- ექსპერიმენტის მონაცემებიდან გამომდინარე, რომელი სახეობის მცენარეებს ჰქონდათ ტრანსპირაციის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი? ყველაზე დაბალი? რა ფიზიკური განსხვავებები იყო მოცემულ მცენარეებში? შეიძლება თუ არა მათმა ფიზიკურმა განსხვავებამ გავლენა მოახდინოს ტრანსპირაციის სიჩქარეზე?  
(პასუხი: ფოთლის ზედაპირის ფართობი რაც უფრო დიდია, მით უფრო მეტია ტრანსპირაცია.)
- როგორ შეიძლება გამოიყენონ ინჟინრებმა მიღებული ინფორმაცია ქარის მართვის გეგმაში?  
(პასუხი: ეს ინფორმაცია შეიძლება გამოყენებულ იქნას ადგილობრივი მცენარეების სახეობების გა-



მოსაყენებლად გამწვანების დაგეგმვის დროს. ამით შეუძლიათ სისტემების დიზაინი დააფუძნონ წყლის მოცულობაზე, რა რაოდენობის წყალი შეუძლია შეითვისოს მცენარემ და გარდაქმნას იგი?

**შენიშვნა:** მცენარის მახასიათებლები და თვისებები მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ქალაქის გამწვანების დროს მცენარეების შერჩევისას.

**რეკომენდაცია:**

გარდა ზემოთ აღწერილი სამუშაოსი, მომავალში აქტივობას შეიძლება დაემატოს ტრანსპირაციის სინქარის გამოთვლა გაზის სენსორის გამოყენებით.

მეთოდოლოგიის უკეთ სანახავად გაეცანით მოცემულ ბმულს – <https://www.youtube.com/watch?v=oeah4AMH5sU>

**დანართი 1.**

სახელი, გვარი .....

**დაპირკვევის ფურცელი**

თარიღი .....

ტემპერატურა .....

ტენიანობა .....

ამინდი .....

თქვენი აზრით, რა დაგროვდება პოლიეთილენის კონტეინერში/პარკში? .....

თქვენი აზრით რა ფერის იქნება წყალი? .....

<b>მცენარის ID #</b>		
<b>ადგილობრივი დასახელება:</b>		<b>მცენიერული დასახელება:</b>
<b>ღრო (წუთები)</b>	<b>წონა (გ)</b>	<b>დაპირკვევა (ჩაწერეთ რას ხელავთ?)</b>

**ტრანსპირაციის რაოდენობის განსაზღვრა:**

<b>თავდაპირველი წონა კონტეინერის</b>	<b>თავდაპირველი წონა კონტეინერის</b>	<b>თავდაპირველი წონა კონტეინერის</b>
გამოკლება	გამოკლება	გამოკლება
ტრანსპირაციის უმდებ	ტრანსპირაციის უმდებ	ტრანსპირაციის უმდებ

**დახატე და აღწერე საკვლევე მცენარეები:**

ადგილობრივი სახეობა:		საშენიარო სახელი:
სინათლისადმი მგრძობელობა		დახატე მცენარის დეტალები ან მცენარე:
სიმაღლე		
მიწის მდგომარეობა		
ტრანსპირაციის სიჩქარე		
ადგილობრივი სახეობა:		საშენიარო სახელი:
სინათლისადმი მგრძობელობა		დახატე მცენარის დეტალები ან მცენარე:
სიმაღლე		
მიწის მდგომარეობა		
ტრანსპირაციის სიჩქარე		
ადგილობრივი სახეობა:		საშენიარო სახელი:
სინათლისადმი მგრძობელობა		დახატე მცენარის დეტალები ან მცენარე:
სიმაღლე		
მიწის მდგომარეობა		
ტრანსპირაციის სიჩქარე		

**შემაჯამებელი შეკითხვები:**

**ტრანსპირაციის შედეგად გამოყოფილი წყლის რაოდენობით შეგიძლია დაახასიათო აქვს თუ არა მნიშვნელობა მცენარის ფოთლის ზომას?**

**შეფერილი წყლით მორწყვის შემდეგ ტრანსპირაციით რა ფერის წყალი გამოიყო? შენი აზრით რატომ?**

**შენიშვნები:**

- 1 მცენარისა თუ ცხოველის საცხოვრებელი, საარსებო გარემო.
- 2 მცენარის ღეროს ქსოვილი, რომელიც ეხმარება წყლისა და მინერალური მარილების გატარებას ფესვიდან ზემოთ ღეროსა და ფოთლებისკენ.
- 3 მცენარის ღეროს ქსოვილი, რომელიც ემსახურება ფოთლებში წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერებების გატარებას ფესვებისკენ.



# როგორ დავგეგმოთ STEM საბაკვეთილო პროექტსი



**ეკა გოგოლაძე**

ქიმიის მაგისტრი,  
ბიოლოგიის მასწავლებელი  
(კავკასიის ფრანგული სკოლა),  
საბუნებისმეტყველო საგნების  
მხარდაჭერის პროგრამის STEM  
მიმართულების ასისტენტი,  
მასწავლებელთა პროფესიული  
განვითარების ეროვნული ცენტრი

ერთის მხრივ საკმაოდ მარტივი, ჩვენს ყოველდღიურობასთან ასოცირებული საკითხი, გაკვეთილის მომზადება, თავისი შინაარსითა და მნიშვნელობით არც თუ ისე მარტივი პროცესია მასწავლებლისთვის. მოამზადო გაკვეთილი, ნიშნავს გახდე მოსწავლე, რომელსაც სურს სამყაროს აღმოჩენა, მრავალი საინტერესო და აქტუალური საკითხის შეცნობა. ასევე, გაითვალისწინო მოსწავლეთა ინტერესები და მრავალფეროვნება.

ვფიქრობ, აღნიშნულიდან გამომდინარე, დამეთანხმებით, რომ მასწავლებლის ერთი სამუშაო დღე საკმაოდ დატვირთული და შრომატევადია. რამდენიმე საგაკვეთილო საათის შემდეგ, ის რჩება უამრავ დოკუმენტთან და მოსწავლეთა ინტერესებთან, რათა ხვალ კვლავ საინტერესო მასალა მიაწოდოს თავის მოსწავლეებს.

**დარატივის დოკუმენტები ესაჭიროება მასწავლებელს?**

უპირველეს ყოვლისა, ეროვნული სასწავლო გეგმა, რომელიც განსაზღვრავს მისაღწევ შედეგებსა და სამიზნე ცნებებს, შემდგომ საგნობრივი კურიკულუმი, რომელიც რამდენიმე მასწავლებლის ჯგუფური მუშა-

**ობის შედეგია და რომელიც დაფუძნებულია ეროვნულ სასწავლო გეგმაზე.**

აქ კი შეგვიძლია დავსვათ შეკითხვა – რამდენად თავისუფალია მასწავლებელი გაკვეთილის მომზადების პროცესში? პასუხი არც ისე მარტივი და ცალსახაა. რა თქმა უნდა მასწავლებელს აქვს თავისუფლება გაკვეთილის დაგეგმვაში, თუმცა ის არ უნდა გაცდეს განათლების სამინისტროს მიერ შემუშავებულ და მოწოდებულ დოკუმენტაციას.

რას ნიშნავს აღნიშნული? ამ საკითხში უკეთესად სარკვევად გთავაზობთ ერთ საგაკვეთილო აქტივობაზე მუშაობის ეტაპებს (თემა: ფერმენტები), დაფუძნებულს ფრანგულ საგანმანათლებლო სისტემაზე.

როგორც დასაწყისში აღვნიშნეთ, სამუშაო პროცესი იწყება მასწავლებლის მიერ ინფორმაციის გაცნობით.

## ნაბიჯი 1

ამონარიდები ეროვნული სასწავლო გეგმიდან (Bulletin officiel), თემის „ენბიმები, როგორც ბიოკატალიზატორები“-ის ირგვლივ.

**თემა:** ენზიმები, როგორც ბიოკატალიზატორები

**ცოდნა:** უჯრედული მეტაბოლიზმის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ერთეულს წარმოადგენს ენზიმი.

ენზიმის მოლეკულის 3D სტრუქტურა შესაძლებლობას იძლევა სუბსტრატთან ურთიერთქმედების და განსაზღვრავს მის სპეციფიურობას.

**ცნებები:** კატალიზი; სუბსტრატი; პროდუქტი; სპეციფიურობა.

**მიზანი:** მოსწავლემ დაინახოს, რომ ენზიმი – მოლეკულა, რომელიც სინთეზირდება უჯრედის გენეტიკური კოდის მიხედვით, განსაზღვრავს მისი ფუნქციონირების თავისებურებებს და წარმოადგენს უჯრედის სპეციალიზაციის მარკერს.

**მისაღწევი შედეგები:**

- მოსწავლეს შეუძლია შეისწავლოს ენზიმ-სუბსტრატის კავშირი უჯრედული მოდელიზაციის პროგრამის გამოყენებით;
- მოსწავლეს შეუძლია დაგეგმოს / განახორციელოს ექსპერიმენტი, ენზიმთა სპეციფიურობის შესწავლის მიზნით;
- მოსწავლეს შეუძლია იპოვოს კავშირი უჯრედის დიფერენციაცია – გენეტიკური კოდის ექსპრესია – უჯრედის ენზიმატურ შედგენილობას შორის;
- მოსწავლეს შეუძლია დაახასიათოს ენზიმატური რეაქციის სიჩქარე და მასზე მოქმედი ფაქტორები.

**ნაბიჯი 2**

საგნობრივი კურიკულუმის მიხედვით, ვადგენთ აღნიშნულ თემაზე სამუშაო პერიოდის ხანგრძლივობას და ვეცნობით იმ კომპეტენციებს, რომლებზეც უნდა იმუშაოს მასწავლებელმა თემის შესწავლის პერიოდში.

კურიკულუმის თანახმად, თემის: „ენზიმები, როგორც ბიოკატალიზატორები“ ხანგრძლივობა 5 საგაკვეთილო საათია, რაც გვაძლევს საშუალებას განვსაზღვროთ აქტივობის ხანგრძლივობა ენზიმატური რეაქციის სიჩქარის შესასწავლად.

**დაზუსტება:**

ენზიმატური კინეტიკის მახასიათებლები, ასევე აქტიური ცენტრის ინჰიბირება არ ისწავლება პროგრამის ფარგლებში. ენზიმატური აქტივობის კონტროლი სხვადასხვა ეფექტორით (ტემპერატურა; pH) შესაძლოა გამოყენებულ იქნას მასწავლებლის მიერ, თუმცა არ წარმოადგენს პროგრამის ნაწილს.

**ნაბიჯი 3**

შემდეგ ეტაპზე აუცილებელია, რომ მასწავლებელმა ბუსტად განსაზღვროს რა მიზანს ემსახურება შეთავაზებული აქტივობა და რამდენად პასუხობს აქტივობის შინაარსი დასახულ მიზანს.

სტატიაში შემოთავაზებული საგაკვეთილო პროცესის მიზანია, ენზიმატური რეაქციის სიჩქარისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების შესწავლა.

**თემა: ენზიმები**

**ხანგრძლივობა:** 5 საგაკვეთილო საათი

**კომპეტენციები:**

- სამეცნიერო მეთოდის პრაქტიკა
- შექმნა / რეალიზაცია
- სამეცნიერო ენის პრაქტიკა

#### ნაბიჯი 4

მიზნის განსაზღვრის შემდგომ, ვეძებთ აქტივობას, რომელიც განხორციელებადი იქნება ყველა მოსწავლისათვის და მათ მისცემს თანაბარ შესაძლებლობებს მუშაობის პროცესში.

შეთავაზებული აქტივობა შესაძლოა იყოს მრავალმხრივი: ექსპერიმენტი; დოკუმენტა ანალიზი; ინტერაქტიული დემონსტრაცია; დებატები პრობლემური კითხვის გარშემო.

მიზნის „ენზიმატური რეაქციის სიჩქარისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების შესწავლა“ მისაღწევად, მოსწავლეებს ვთავაზობთ ექსპერიმენტულ აქტივობას „წყალბადის ზეჟანგის დაშლა ენზიმ კატალაზას მეშვეობით“ (აქტივობის დეტალური მიმდინარეობა იხილეთ სტატიის ბოლოს).

#### ნაბიჯი 5

აქტივობის დამუშავების შემდგომ უნდა განისაზღვროს მოსწავლეთა შეფასების სქემა. აღნიშნული მანიპულაციის ფარგლებში მოსწავლეები შეფასდებიან განმავითარებელი და განმსზაღვრელი შეფასების სქემით.

- განმავითარებელი შეფასება გამოყენებულ იქნება ექსპერიმენტის მიმდინარეობის დროს.
- განმსზაღვრელი შეფასება გამოყენებულ იქნება აქტივობის ბოლო ეტაპზე, შედეგთა ანალიზის შესაფასებლად. მოსწავლეები შეფასდებიან შემდეგ კომპეტენციებში:
  - სამეცნიერო მეთოდის პრაქტიკა
  - სამეცნიერო ენის პრაქტიკა

**განმავითარებელი შეფასების რუბრიკა** აქტივობისთვის „ენზიმატური რეაქციის სიჩქარისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების შესწავლა“ იხილეთ სტატიის დანართის ფორმით.

**დასკვნა:** (რეალურად იქნება სტატიის ბოლოს, ექსპერიმენტამდე).

სტატიის გაცნობის შემდგომ, ნათელი ხდება იმსა-მუშაოს მოცულობა, რაც ერთი შეხედვით მარტივი და სულ რამდენიმე წუთიანი აქტივობის განხორციელებისთვისაა საჭირო. თუმცა, მოსწავლის ინტერესი-ან გამოხედვას, მის ჩართულობას საგაკვეთილო პროცესში და მიღებულ შედეგებს კონტრასტულად შეუძლიათ შეცვალონ რამდენიმე საათიანი სამუშაო დაღლა.

მასწავლებელს შეეძლება აღნიშნოს, რომ მიაღწია გაკვეთილის მიზანს, როდესაც მოსწავლეები შეძლებენ ენზიმური რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორების დასახელებას და იმსჯელებენ ჰომეოსტაზის მნიშვნელობაზე, ორგანიზმის სწორი ფუნქციონირებისთვის. შესაბამისად, ენზიმთა „სიცოცხლისუნარიანობის“ ზღვრებზე.

**გთავაზობთ მოცემული დაგეგმვის შედეგად ჩატარებული გაკვეთილის მაგალითს.**

საჭირო მასალა:

- სინჯარები
- პიპეტი 20 მლ. / 10 მლ.
- პროპიპეტი
- ფილტრის ქაღალდი
- ქრონომეტრი
- პინცეტი
- კარტოფილი, წყალბადის ზეჟანგი, მარილმჟავა, ნატრიუმის ტუტე

**ენზიმის (კარტოფილის ექსტრაქტის) მომზადება**

გაფრთხილება:

- არ გამოიყენოთ რკინის ნაკეთობები, ჟანგვითი პროცესების თავიდან ასაცილებლად.
- ექსტრაქტი მოამზადეთ უშუალოდ ექსპერიმენტის დაწყებამდე.

- დააქუცმაცეთ 100 გრ. გაფუცვნილი კარტოფილი და მოათავსეთ როდინში, (გამოყენებამდე მოათავსეთ მაცივარში) 60 მლ. გამობდილ წყალთან (4°C) ერთად.
- გაფილტრეთ მიღებული ჰეტეროგენული ნარევი.
- ფილტრატი შეამოწმეთ იოდის ხსნარით, სახამებლის არსებობის შემთხვევაში კი, გაიმეორეთ ფილტრაცია.
- ექსტრაქტი შეინახეთ ცივად (ყინულში).
- მიღებული ექსტრაქტის განზავებისთვის იხელმძღვანეთ ცხრილით.

ხსნარი / სინჯარა	A	B	C	D	E	F	
ფილტრატის განზავება	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	
რაოდენობა 100მლ-სთვის	ფილტრატი	1	2	4	6	8	10
	H <sub>2</sub> O	9	8	6	4	2	0

### სხვადასხვა კონცენტრაციის მქონე ენზიმის ხსნარის მოზაღვა

#### სუბსტრატის მომზადება

სხვადასხვა კონცენტრაციის მქონე სუბსტრატის დასამზადებლად იხელმძღვანელეთ ცხრილით.

ხსნარი / სინჯარა	1	2	3	4	5	6	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,2 %	0,5 %	0,75 %	1 %	2 %	3 %	
რაოდენობა 400მლ-სთვის	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3 %	27	67	100	132	264	400
	H <sub>2</sub> O	373	333	300	268	136	0

#### სხვადასხვა კონცენტრაციის მქონე სუბსტრატის ხსნარის მომზადება

ექსპერიმენტისთვის საჭირო დისკების დასამზადებლად გამოიყენეთ ფილტრის ქაღალდი.

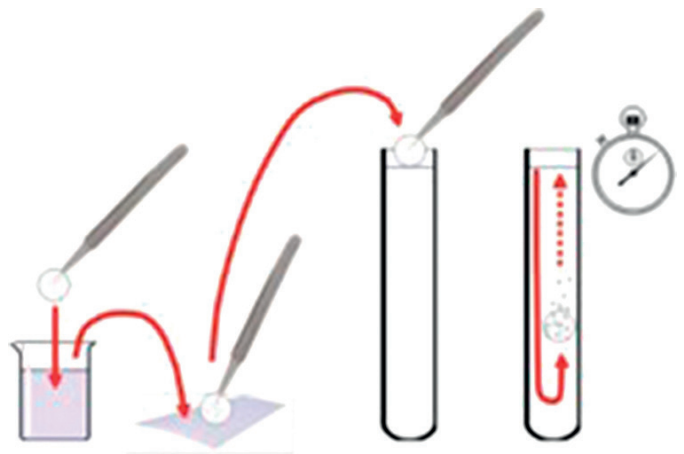
#### მიმდინარეობა

- სუბსტრატის კონცენტრაციის გავლენა ფერმენტული რეაქციის სიჩქარეზე
  - მონიშნეთ სინჯარები, შესაბამისად 1-დან 6-მდე;
  - მოათავსეთ 20 მლ. სუბსტრატი (წყალბადის ბუჯანგი) ყველა სინჯარაში შესაბამისი კონცენტრაციით (იხილეთ ცხრილი 1);

ხსნარი / სინჯარა	1	2	3	4	5	6
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,2 %	0,5 %	0,75 %	1 %	2 %	3 %

ცხრილი 1 : სუბსტრატის კონცენტრაცია

- პინცეტის მეშვეობით, ფილტრის ქაღალდის დისკი მოათავსეთ კარტოფილის ექსტრაქტში (თავიდან აიცილეთ ექსტრაქტის ჭარბი ოდენობა დისკის ფილტრის ქაღალდზე შეხებით);
- სინჯარაში მოათავსეთ ფილტრის ქაღალდის დისკი ვერტიკალურ მდგომარეობაში და მაშინვე ჩართეთ ქრონომეტრი;



- გაზომეთ დრო, დისკის მოთავსებიდან მის ამოტივტივებამდე;
- შედეგი ჩაინიშნეთ ცხრილში;
- შეასრულეთ იგივე მანიპულაცია ყველა სინჯარის შემთხვევაში;
- მიღებული შედეგების საფუძველზე ააგეთ გრაფიკი.

- ენზიმის კონცენტრაციის გავლენა ფერმენტული რეაქციის სიჩქარეზე

- მონიშნეთ სინჯარები, შესაბამისად A-დან F-მდე;
- შეავსეთ სინჯარები 20 მლ. წყალბადის ბუჯანგის 3%-იანი ხსნარით;
- პიპეტის მეშვეობით, ფილტრის ქაღალდის დისკები მოათავსეთ სხვადასხვა კონცენტრაციის მქონე კარტოფილის ექსტრაქტში (იხილეთ ცხრილი 2), (თავიდან აიცილეთ ექსტრაქტის

ჭარბი ოდენობა დისკის ფილტრის ქალაღდზე შეხებით);

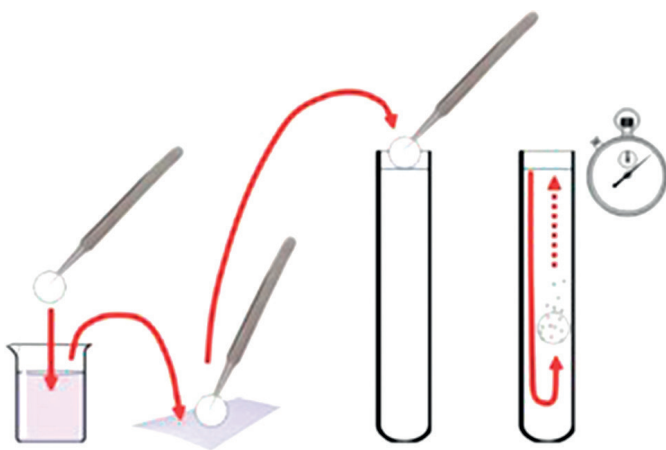
- სინჯარაში მოათავსეთ ფილტრის ქალაღდის დისკი ვერტიკალურ მდგომარეობაში და

ხსნარი / სინჯარა	A	B	C	D	E	F
ფილტრატის განზაგება	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1

ცხრილი 2 : ენჯიმის კონცენტრაცია

მაშინვე ჩართეთ ქრონომეტრი;

- გაზომეთ დრო, დისკის მოთავსებიდან მის ამოტივტივებამდე;
- შედეგი ჩაინიშნეთ ცხრილში;
- შეასრულეთ იგივე მანიპულაცია ყველა სინჯარის შემთხვევაში;
- მიღებული შედეგების საფუძველზე ააგეთ გრაფიკი.



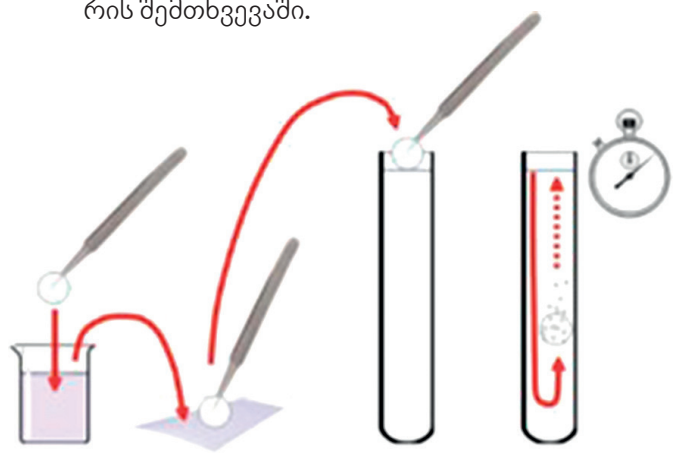
გ) გარემოს გავლენა ფერმენტული რეაქციის სიჩქარეზე

- მონიშნეთ სინჯარები 1-დან 3-მდე;
- შეავსეთ სინჯარები 20 მლ. წყალბადის ბუჯანგის 3%-იანი ხსნარით;
- პირველ სინჯარაში დაამატეთ 5 მლ. კონცენტრირებული მარილმუავას ხსნარი, მეორე სინჯარაში 5 მლ. გამოხდილი წყალი; მესამე სინჯარაში 5 მლ. კონცენტრირებული ნატრიუმის ტუტის ხსნარი;

- შემოწმეთ თითოეული სინჯარის pH;
- პიპეტის მეშვეობით, ფილტრის ქალაღდის დისკი მოათავსეთ F კონცენტრაციის მქონე კარტოფილის ექსტრაქტში (თავიდან აიცილეთ ექსტრაქტის ჭარბი ოდენობა დისკის ფილტრის ქალაღდზე შეხებით);
- სინჯარაში მოათავსეთ ფილტრის ქალაღდის დისკი ვერტიკალურ მდგომარეობაში

და მაშინვე ჩართეთ ქრონომეტრი;

- გაზომეთ დრო, დისკის მოთავსებიდან მის ამოტივტივებამდე;
- შედეგი ჩაინიშნეთ ცხრილში;
- შეასრულეთ იგივე მანიპულაცია ყველა სინჯარის შემთხვევაში.



მიღებული შედეგების საფუძველზე დაწერეთ ანალიზი „ენზიმატური რეაქციის სიჩქარეზე მოქმედი ფაქტორები“. ნამუშევარი უნდა მოიცავდეს თქვენ მიერ ჩატარებულ ექსპერიმენტსა და შედეგებს.

დანართი 1: ცხრილი მონაცემების შესახებ

სინჯარა	1	2	3	4	5	6
სუბსტრატის კონცენტრაცია						
დისკის ამოტივტივების დრო						

ცხრილი 1

სინჯარა	1	2	3	4	5	6
ენზიმის კონცენტრაცია						
დისკის ამოტივტივების დრო						

ცხრილი 2

სინჯარა	1	2	3
გარემო ფაქტორის გავლენა			
დისკის ამოტივტივების დრო			

გრაფიკის ასაგებად გამოიყენეთ მილიმეტრიანი ფურცელი.

დანართი 2: განმავითარებელი შეფასების რუბრიკა

	ფოკუს პარამეტრი	ფოკუს საშუალო	პერ ფოკუს
მოსწავლე იცავს უსაფრთხოების წესებს	მოსწავლე იყენებს დაცვის საშუალებებს, არ სუნავს და არ ეხება სამანქანო ნივთიერებებს	ხშირ შემთხვევაში მოსწავლე იყენებს დაცვის საშუალებებს, მაგრამ დროდადრო სჭირდება შეხსენება	მოსწავლეს მუდმივად ესაჭიროება შეხსენება, რათა გამოიყენოს დაცვის საშუალებები, არ უსუნოს/არ შეეხოს ნივთიერებებს
მოსწავლე იცნობს ქიმიურ ტურტელს და სათანადოდ იყენებს მათ	მოსწავლეს შეუძლია ქიმიური ტურტელის დახასიათება და სათანადოდ იყენებს მათ	მოსწავლე იცნობს ქიმიური ტურტელის უმრავლესობას და შეუძლია, მცირედი დახმარებით მათ მოუძებნოს გამოყენება	მოსწავლე არ იცნობს ქიმიურ ტურტელს / არ იცის მათი გამოყენება
მოსწავლეს შეუძლია ჯგუფში კომუნიკაცია და როლთა გადანაწილება (ჯგუფური მუშაობის შემთხვევაში)	მოსწავლეს შეუძლია სამუშაოს ორგანიზება ჯგუფში, არის კომუნიკაბელური და აცნობს მიღებულ შედეგებს ჯგუფის სხვა წევრებს	მოსწავლეს აქვს გარკვეული პრობლემა ჯგუფში ინფორმაციის გაცვლასთან მიმართებაში / ჯგუფურ სამუშაოში ინტეგრაციაში, თუმცა აღნიშნული პრობლემა მარტივად მოგვარებადი	მოსწავლეს არ შეუძლია ჯგუფური მუშაობა, არ ასრულებს მითითებულ სამუშაოს
მოსწავლე ექსპერიმენტის განხორციელებისას ხელმძღვანელობს შეთავაზებული ეტაპებით	მოსწავლე მუდმივად იყენებს სამუშაო ფურცელს და თანმიმდევრულად ასრულებს ეტაპებს	მოსწავლე იყენებს სამუშაო ფურცელს, თუმცა ზოგიერთი ეტაპი რჩება შეუსრულებელი ან არ ასრულებს მითითებულ გზით	მოსწავლეს არ შეუძლია ექსპერიმენტის განხორციელება შეთავაზებული გზით
ექსპერიმენტის შედეგები წარმოდგენილია ორგანიზებულად	მოსწავლე წარმოადგენს მიღებულ შედეგებს მრავალფეროვანი გზით, მასალა სრულად ასახავს შესრულებულ სამუშაოს	მოსწავლე წარმოადგენს მიღებულ შედეგებს ერთი სახით (მაგალითად ტექსტი), მასალა სრულყოფილად არ ასახავს შესრულებულ სამუშაოს	მოსწავლეს არ შეუძლია შედეგების წარმოდგენა
მოსწავლეს შეუძლია არგუმენტირებული ანალიზი და მიღებული შედეგების განსჯა	მოსწავლე იყენებს საკუთარ ცოდნას მიღებული შედეგების ანალიზისთვის	მოსწავლე იყენებს მცირე ელემენტებს საკუთარი ცოდნიდან მიღებული შედეგების ანალიზისთვის	მოსწავლეს არ შეუძლია შედეგების ანალიზი

# პირველი გეგნიერული, STEM კვლევების გამოხდობა მოსწავლეებში



**დავით ჭაჭატიანი**

თავის უფალი უნივერსიტეტის  
ქიმიის სამაგისტრო პროგრამის  
სტუდენტი

მეცნიერება ეს არის კაცობრიობის განვითარების გონი. ის არის სისტემა, რომელშიც ინახება ცოდნა, კაცობრიობის მიერ თავისი არსებობის დღიდან – დღემდე დაგროვილი. წარმოიდგინეთ მრავალი საუკუნის წინ ადამიანებმა შეამჩნიეს, რომ ბრინჯაოს ნაკეთობების გამოყენება უფრო ეფექტური იყო ვიდრე ქვის. შესაბამისად, ეს მიგნება კიარ შეინახეს და დამალეს, არამედ გადასცეს მომავალ თაობებს, რომელმაც თავისი განვითარება წინაპრის მოპოვებულ ცოდნას დააფუძნა. მათ არ მოუწიათ ხელახლა იმის გამოგონება, რაც ერთხელ უკვე შემუშავდა. ამრიგად, დროთა განმავლობაში დაგროვდა უამრავი გამოცდილება, ინფორმაცია, ცოდნა ბუნებისა და ზოგადად ჩვენი გარემომცველი სამყაროს შესახებ. ადამიანებს, რომლებსაც ძალუძთ ფარდა ახადონ სამყაროს დამალულ საუნჯეებს, მეცნიერებს ვუწოდებთ, ხოლო მათ მიერ მოპოვებულ ცოდნის სავანეს კი მეცნიერებას.

პირველი ელექტრონული კომპიუტერის „შემქმნელები“ ვერაფერს გახდებოდნენ, რომ არ „დახვედროდათ“ ელექტრობისა და მათემატიკის ცოდნა. ასევე, რომ არ ყოფილიყო, იმ დროისთვის უკვე გამოგონებული პლასტმასი, გამტარები, ნახევარგამტარები და ა.შ. შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ გამომგონებლებს

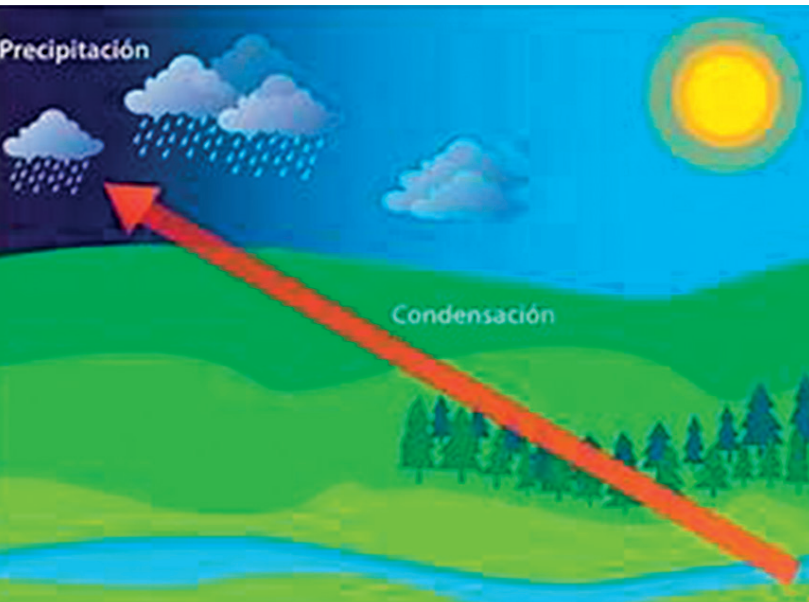
სამყაროში სიახლე, ახალი საგანი შემოაქვთ უკვე არსებული ინსტრუმენტების, მოცემულობების ერთმანეთზე შეკავშირებით. შესაბამისად, იმისათვის რომ შენმა გამოგონებამ გაამართლოს, უნდა გაითვალისწინო რიგი მოცემულობები, რაც სამყაროს გააჩნია. მოცემულობების შესახებ ინფორმაციის შეგროვება, დამუშავება და სისტემატიზაცია კი მეცნიერების საქმეა.

სტატიაში მოცემულია ექსპერიმენტი, რომელიც ბავშვებს დაეხმარება ნათლად გაიგონ ფიზიკური და ქიმიური მოვლენების არსი, ჩაწვდნენ მათ შორის ძირეულ განსხვავებებს. ამ მოვლენების შესახებ ცოდნა და მათი ერთმანეთისგან გარჩევის უნარი დაეხმარებათ რიგი ცხოვრებისეული საკითხების გადაწყვეტაში. ექსპერიმენტის სიმარტივიდან, ბიუჯეტურობიდან და უსაფრთხოებიდან გამომდინარე, შესაძლებელია მოსწავლეების მიერ ინდივიდუალურად განხორციელება. ისინი დაინახავენ, რომ მეცნიერება, კერძოდ ქიმია, ნამდვილად არ არის განყენებული ყოფაცხოვრებიდან, უსარგებლო და მოსაწყენი. აგრეთვე ექსპერიმენტის ინდივიდუალური განხორციელება ხელს შეუწყობს მოსწავლეებში კვლევითი უნარების გამომუშავებას, რაც დადებითად იმოქმედებს მათ ინტე-

ლექტურულ ზრდაზე. ისინი მიიღებენ პრაქტიკაზე დამყარებულ ცოდნას.

### შესავალი

მოვლენა ეწოდება ყველანაირ ცვლილებას, რაც ჩვენს გარემომცველ სამყაროში მიმდინარეობს, მაგალითად: ტბებიდან, მდინარეებიდან ან ზღვებიდან წყლის აორთქლება, შემდეგ კი ისევ წვიმის, თოვლის ან სეტყვის სახით უკანვე დაბრუნება. ასევე, წვა – ხის, ქაღალდის, სანთლის, სპირტისა და ა.შ., რომელსაც თან ახლავს სითბოს და სინათლის წარმოქმნა.



სურ.1

ცვლილებები, რომელიც ნივთიერებასთანაა დაკავშირებული მის გარდაქმნითა თუ გარდაქმნის გარეშე მიმდინარე, იყოფა ფიზიკურ და ქიმიურ მოვლენებად.

თუკი ერთი ნივთიერება, რომელსაც გააჩნია მისთვის დამახასიათებელი ინდივიდუალური ფერი, სუნი, აღნაგობა და ა.შ. იცვლება ე.ი. ხდება მისი გარდაქმნა, გადასხვაფერება. ეს ნიშნავს, რომ საქმე გვაქვს ქიმიურ მოვლენასთან.



სურ.2

ხოლო, თუკი ნივთიერება არ გარდაიქმნება სხვანვითიერებად, რჩება იგივე, ოღონდ იცვლება მხოლოდ მისი ფორმა, ზომა, აგრეგატული მდგომარეობა და ა.შ. ეს უკვე ფიზიკური მოვლენაა.

ახლა კი გადავიდეთ ექსპერიმენტზე, რომელიც მოგვცემს საშუალებას მარტივად და ნათლად დავინახოთ ძირეული განსხვავება ფიზიკურ და ქიმიურ მოვლენებს შორის. ჩვენი ექსპერიმენტი დავყოთ ნაბიჯებად და თან თითოეულ ნაბიჯზე მოსწავლეებს ყურადღება გავამახვილებინოთ გარკვეულ ფაქტებზე.

### ექსპერიმენტებისთვის დაგვჭირდება შემდეგი რესურსები:

- პლასტმასის ჭიქა (2ც.)
- ხის შპატელი (2 ც.)
- ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი (საკვები სოდა) (5გ.)
- წითელი კომბოსტო
- საკვები ძმარმუავა (ძმრის ესენცია) (2-4 წვეთი.)
- მეტალის ფირფიტა – (5 მმ x 2 მმ) სისქე 1-1,5 მმ. (1ც.)
- სპირტქურა (1 ც.)
- ხელთათმანი
- სათვალე
- პასტერის პიპეტი (2 ც.)
- 20 მლ. და 2 მლ. მოცულობის შპრიცი (2 ც.)
- 5 მლ. მოცულობის შპრიცი (1 ც.)



**მეცნიერული კვლევის ნაბიჯები:**

**ნაბიჯი: 1**

ავილოთ ორი პლასტმასის ტიქა: ა და ბ

(ა) – ტიქაში ჩაასხით 30 მლ. გამობდილი წყალი.

(ბ) – ტიქაში ჩაასხით 30 მლ. გამობდილი წყალი და დაუმატეთ 5 მლ. წინასწარ მომზადებული წითელი კომბოსტოს ხსნარი (იხ. სურ. 3).

(ბ) ტიქაში, რომელშიც ასხია წითელი კომბოსტოს წვენი, დაამატეთ 0,5-1 მლ. საკვები ძმარმჟავა პიპეტის საშუალებით (იხ.სურ. 4).

*ამ დროს ხსნარი შეიცვლის ფერს, გახდება მოვარდისფრო მოწითალო შეფერილობის.*

*კარგი იქნება თუმასწავლებელი მოსწავლეებს დაეხმარება ამ მოვლენის ახსნაში!*



სურ. 3



სურ. 4

ამისთვის აიღეთ წითელი კომბოსტოს ფურცლები (4 ცალი), დაჭერით და მოათავსეთ ცეცხლგამძლე ტურჯელში. დაასხით 200 მლ. სპირტისა (95%) და გამობდილი წყლის ნარევი (1:1 მოცულობის). წამოადუღეთ! სასურველია კომბოსტოს წვენი იასამნისფერი (ან მოლურჯო) შეფერილობის იყოს.

**ნაბიჯი: 2**

აიღეთ შპატელი და მისი მეშვეობით – (ა) ტიქაში ჩაყარეთ დაახლოებით 2 გ. ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი (საკვები სოდა) და იმავე შპატელით კარგად მოურიეთ (იხ. სურ. 5).

კარგად დააკვირდით გახსნის პროცესს – ხსნარი უნდა დარჩეს გამჭვირვალე!



სურ.5

**ნაბიჯი: 3**

აიღეთ მეორე შპატელი და მისი მეშვეობით – (ბ) ჭიქაში ჩაყარეთ დაახლოებით 2 გ. ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი (იხ. სურ. 6).

სურ.6



კარგად დააკვირდით გახსნის პროცესს – ხსნარში ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის დამატებისას უნდა წარმოიქმნას ბუშტუკები და ხსნარმა უნდა შეიცვალოს ფერი – ვარდის ფერიდან გადავიდეს პირვანდელიასამნის ფერ შეფერილობაში! თუ ეს არ მოხდა, მაშინ კიდევ დაამატეთ ხსნარს საკვები სოდა.

კარგი იქნება თუ მასწავლებელი დაეხმარება მოსწავლეებს ამ მოვლენის ახსნაში.

**ნაბიჯი: 4**

**მოდი ვნახოთ თუ რა მოხდა პირველ ჭიქაში**



სურ.7

ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი (საკვები სოდა), რომელიც ჩაყარეთ (ა) ჭიქაში, წყალში მორევის შედეგად სრულიად გაიხსნა. თითქოსდა წყალში „გაქრა“, დაიკარგა“, თუმცა ის მაინც ინარჩუნებს მის ინდივიდუალურ თვისებას. ამის დასამტკიცებლად მოდი ავიღოთ მეტალის ფირფიტა (1-1,2 მმ. სისქის) და მასზე პიპეტის საშუალებით დავაწვეთოთ (ა) ჭიქიდან ამოღებული 1-2 წვეთი ხსნარი. (იხ. სურ. 7) შემდეგ ფირფიტა წრიული მოძრაობით მოვატაროთ სპირტქურის ალს მანამ სანამ არ აორთქლდება წყალი.

ფირფიტაზე უნდა დარჩეს თეთრი ნალექი! (იხ. სურ.8) მაგრამ თუ ვიზუალურად ძალიან შეუმჩნეველია, მაშინ ხელახლა ამოვიღოთ ხსნარიდან წვეთი და დავიტანოთ მეტალის იმავე ფირფიტაზე (რომელზეც ნალექია), კვლავ გადავატაროთ სპირტქურის ალ-

ზე – ეს პროცესი გავიმეოროთ მანამ (3–4 ჯერ), სანამ ვიზუალურად კარგ შედეგს არ მივიღებთ.



სურ. 8

მეტალის ფირფიტის მაგივრად შეგიძლიათ გამოიყენოთ პატარა ფაიფურის ჯამი. ჯამზე მეტი ხსნარის დამატება არის შესაძლებელი, რაც მეტ ვიზუალურ შედეგს მოიტანს.

ახლა შევეცადოთ ავხსნათ: ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი (საკვების სოდა) წყალში გახსნისას არ იცვლის ქიმიურ თვისებებს, როგორც კი წყალს (ავაორთქლებთ) მოვაშორებთ, ის მყისვე დაიბრუნებს მის ფიზიკურ და ქიმიურ მხარეს და თავალით შესამჩნევი გახდება.

*ეს ფიზიკური მოვლენის მაგალითია!*

როგორც მიხვდით, მსგავს პროცესს ჩვენს ყოფაცხოვრებაში თითქმის ყოველდღიურად ვხვდებით.

### საფეხური: 5

#### ახლა ვნახოთ თუ რა მოხდა მეორე ჭიქაში

(ბ) ჭიქაში წარმართული პროცესი ქიმიური მოვლენაა, რადგან ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი, რეაქციაში შედის ძმარმჟავასთან, ურთიერთქმედებს რა ქიმიურად მასთან და წარმოქმნის ახალ ნივთიერებას ნატრიუმის აცეტატს.

მაგრამ საინტერესოა, რა როლს თამაშობს წითელი კომბოსტოს ხსნარი?

წითელი კომბოსტოს ხსნარი წარმოადგენს ინდიკატორს, რომელიც ძმარმჟავას დამატებისას (ძმარის ესენცია) ფერს იცვლის – წითლდება. ამრიგად, ხსნარში არსებული ძმარმჟავა ურთიერთქმედებს ნატრიუმის ჰიდროკარბონატთან და წარმოქმნის სხვა ნაერთს, რომელიც თვისებებით საკმაოდ განსხვავდება თავად ჰიდროკარბონატისა და ძმარმჟავისაგან.

ახალი ნივთიერების წარმოქმნა ამცირებს ხსნარში ძმარმჟავას კონცენტრაციას. შესაბამისად, ხსნარში ძმარმჟავას სრულად დახარჯვა იწვევს ხსნარის თვის თავდაპირველი ფერის დაბრუნებას, მოლურჯო-მომწვანო შეფერილობა (იხ. სურ. 9).



სურ. 9

### კითხვები მოსწავლეებისთვის

- შეეცადეთ ახსნათ თქვენი სიტყვებით და მაგალითებით რა არის ქიმიური მოვლენა?
- შეეცადეთ ახსნათ თქვენი სიტყვებით და მაგალითებით რა არის ფიზიკური მოვლენა?
- მოიყვანეთ მაგალითები თქვენი ყოფაცხოვრებიდან, სადაც ამ მოვლენებს ხვდებით.
- რა არის ინდიკატორი?
- თქვენი აზრით რას ეწოდება რეაქცია?
- რატომ შეიცვალა წითელი კომბოსტოს ინდიკატორმა ფერი ძმარმჟავას დამატებისას?
- რატომ შეიცვალა ფერი წითელმა ხსნარმა (ბ) ჭიქაში, მას შემდეგ, რაც დავამატეთ ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი?
- რა არის (ბ) ჭიქაში გამოყოფილი ბუშტუკები?
- თქვენი აზრით რატომ წარმოიქმნა ეს ბუშტუკები?



**ნათია არაჩული**

ქიმიის ექსპერტ-კონსულტანტი,  
სსიპ მასწავლებელთა  
პროფესიული განვითარების  
ეროვნული ცენტრი

# ქიმია და სპორტში

## ნაწილი II

### ქიმია და კალმსნობა – ბეთოდური სტატია

#### შესავალი

ვაგრძელებთ სპორტთან დაკავშირებული თემების განხილვას და წინამდებარე სტატიაში ვისაუბრებთ ქიმიის ძალისხმევასთან ინტეგრირებაზე.

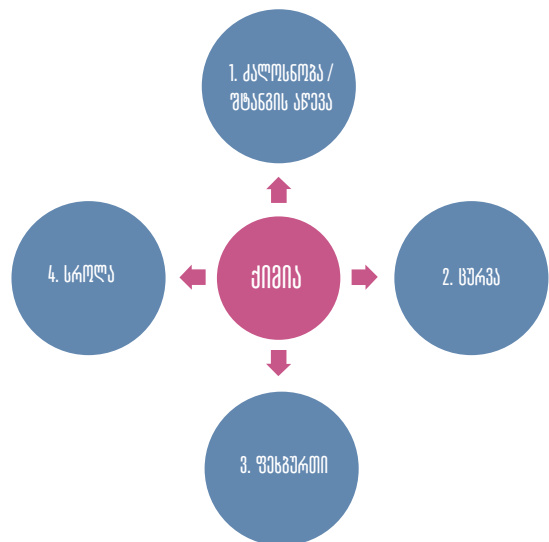
შეგახსენებთ, რომ ქიმიის სწავლებით მოსწავლის დაინტერესებას ხელს უწყობს ე.წ. „მოულოდნელობის ეფექტის“ გამოყენება, რაც გულისხმობს საკითხის შესწავლის დაწყებას საკვლევი შეკითხვის დასმით, მოსწავლისთვის ნაცნობ და ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებასთან დაკავშირებულ თემაზე, რომელსაც ერთი შეხედვით, ქიმიასთან თითქოს არაფერი აქვს საერთო, თუმცა შემდეგ სწავლა-სწავლების პროცესში ნაბიჯ-ნაბიჯ ბუნებრივად მოხდება ამ ნაცნობი საკითხიდან ქიმიის კონკრეტულ უცნობ შესასწავლ თემაზე გადასვლა.

ასეთი მიდგომა (ნაცნობი – უცნობი) ამცირებს იმ საყოველთაო შიშს, რომელიც მოსწავლეების უმრავლესობას აქვს ქიმიის მიმართ და გარკვეულწილად პასუხს სცემს დამკვიდრებულ კითხვას „რაში გვჭირდება ქიმია?“. მოსწავლეები დაინახვენ საკითხის შესწავლის საჭიროებასაც და აუცილებლობასაც.

სტატიაში შევეცდებით წარმოვაჩინოთ სწორედ ეს მიდგომა და ამასთან, ხაზი გავუსვით სასწავლო პროცესში ონლაინ რესურსების გამოყენების, ინგლისური ენისა და ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების (ისტ) ინტეგრირების აუცილებლობას.

სწავლა-სწავლების პროცესში მუდმივად უნდა ვპასუხობდეთ კითხვებს: რას ვსწავლობთ? რატომ ვსწავლობთ? როგორ ვსწავლობთ?

#### საპითხის განხილვა ინტერდისციპლინარული



როგორც გონებრივი რუკიდან ჩანს, ქიმიის ინტეგრირება შესაძლებელია სპორტის სხვადასხვა სახეობასთან. ამ სტატიაში განვიხილავთ ქიმიის კავშირს ძალოსნობასთან, ხოლო დანარჩენ სახეობებთან ინტეგრირებაზე ვისაუბრებთ მომდევნო სტატიებში.

**კალოსნობა (უზანოის აწევა)**

სპორტის ეს სახეობა დასაბამს იღებს უძველესი დროიდან, როდესაც მამაკაცები ამტკიცებდნენ თავიანთ სიძლიერეს მძიმე ქვების აწევით. ძალოსნობის სამშობლოდ ითვლება გერმანია და იგი დასაბამს იღებს 1800-იანი წლებიდან. ძალოსნობის საერთაშორისო ფედერაცია (IWF – International Weightlifting Federation) კი დაარსდა 1905 წელს.

გამორჩეული მიღწევები აქვთ სპორტის ამ სახეობაში ქართველ სპორტსმენებს. საკმარისია დავასახელოთ მსოფლიოში ცნობილი ქართველი სპორტსმენი ლაშა ტალახაძე – ორგზის ოლიმპიური, შვიდგზის მსოფლიო და შვიდგზის ევროპის ჩემპიონი (სურ. 1).

საკვლევი შეკითხვა: რა როლს ასრულებს ქიმია ძალოსნობაში?



სურ. 1 ლაშა ტალახაძე

განვიხილოთ სპორტში ცარცის გამოყენების რამდენიმე მაგალითი:

**კალოსნობა** – ათლეტები ცარცით იმუშავებენ ხელებს შტანგაზე მოჭიდებისას ხახუნის გასაზრდელად, რომ არ გაუსრიალდეთ ის აწევისას.

**ტანავარჯიში და კლდეა სოცვა** – სპორტის ამ სახეობაში ცარცი გამოიყენება კიდურებზე გამოყოფილი ოფლის შთანთქმისთვის. აქ ნატურალური ცარცი ჩანაცვლდა მაგნიუმის კარბონატით.

**ჩოგბურთი** – დიდი ხნის განმავლობაში იყენებდნენ ჩოგბურთის მოედნის/კორტის დასახაზად. მოედნის ხაზზე ბურთის დაცემა იწვევდა ამტვერებას. დროთა განმავლობაში ბუნებრივი ცარცი ჩანაცვლდა ტიტან(IV)-ის ოქსიდით.

რა არის ცარცი?

ცარცი არის მყარი ნივთიერება (თეთრი ან ფერადი). მისი ქიმიური ფორმულაა  $CaCO_3$  (სურ. 2).



სურ. 2 ცარცი



## რა არის ხარხი?

### გუნაბრივი

ბუნებრივი ცარცი (კავშირი გეოგრაფიასთან):

- მოიპოვება ფოროვან დანალექებში; მას შეუძლია წყლის შეკავება
- არის კირქვის სახესხვაობა
- შეიცავს მინერალ კალციტს

ბუნებრივი ცარცის წარმოქმნის პროცესი მიმდინარეობს ზღვის სიღრმეში. ცარცი წარმოიქმნება ზღვის მიკროორგანიზმების (კოკოლიტოფორების) მიერ გამოყოფილი ძალიან მცირე ზომის კალციტის ფირფიტების თანდათანობითი აკუმულირებით.

ცარცი ეროზიისადმი უფრო მედეგია, ვიდრე თიხა, რომელიც ცარცთან ასოცირდება. ცარცის გარშემო არსებული თიხის დაშლის შედეგად წარმოიქმნება ციფაბო კლდეები. ამის მაგალითია დოვერის თეთრი კლდეები (სურ.3).

### ხელოვნური

ცარცი ფოროვანი ბუნების გამო იკავებს წყალს, რითაც წარმოქმნის ბუნებრივ რეზერვუარს, რომლიდანაც წყალი გამოედინება გვალვის დროს. დროთა განმავლობაში ბუნებრივი ცარცი ჩანაცვლდა ხელოვნური ცარცით – მაგნიუმის კარბონატით, რომელიც ბუნებრივი ცარცის მსგავსად თეთრი ფერის მყარი ნივთიერებაა. მისი ქიმიური ფორმულაა  $MgCO_3$ . მაგნიუმის კარბონატი გამოიყენება სპორტში, თუმცა აქვს სხვა დანიშნულებაც – მას იყენებენ იატაკის საფარის დასამზადებლად, ხანძარსაწინააღმდეგო სისტემებში, გამოიყენება, როგორც ცეცხლმაქრი საშუალება (სურ.4), კუჭ-ნაწლავის სამკურნალო პრეპარატი, კუჭის წყლულის სამკურნალო საშუალება.

მაგნიუმის კარბონატი ბუნებაში გავრცელებულია მინერალ მაგნეზიტის სახით, თუმცა მას საწარმოო მასშტაბით სინთეზურად იღებენ.



სურ. 3 დოვერის თეთრი კლდე (ინგლისი)



სურ. 4 ხანძრის ჩაქრობა ცეცხლმაქრით

მაგნიუმის კარბონატის მიღების ერთ-ერთი ხერხია მაგნიუმის ჰიდროქსიდის ურთიერთქმედება ნახშირორჟანგთან მაღალი წნევის პირობებში.

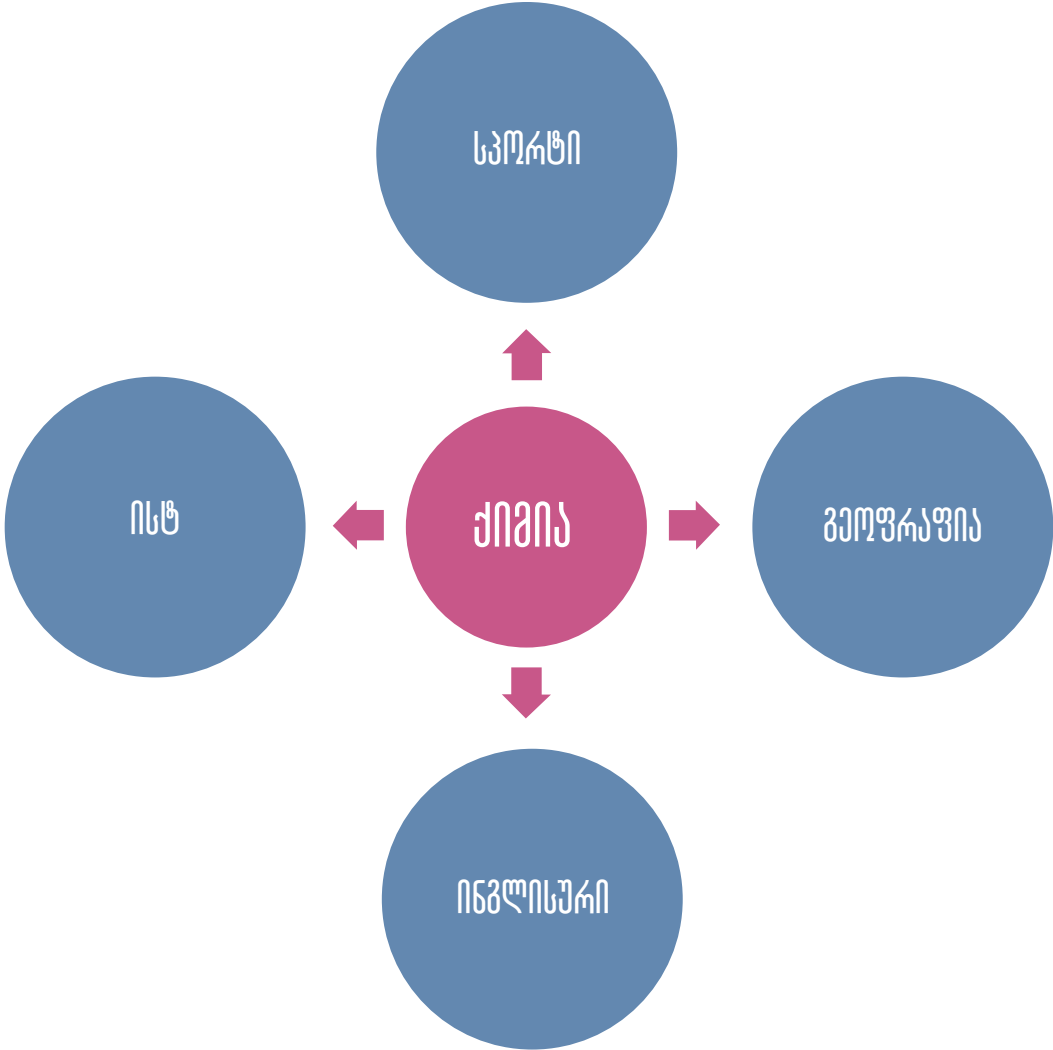
**შეჯამება:**

აღნიშნული მასალა ფარავს ქიმიის შემდეგ საკითხებს: IIA ჯგუფის ელემენტები, არაორგანულ ნაერთთა კლასები (მარილები), ნახშირმჟავას მარილები (კარბონატები), ბუნებრივი და ხელოვნური ცარცი.

საკვლევი შეკითხვის ნიმუში – რა კავშირი აქვს კარბონატებს შტანგის აწევასთან?

განხილული მასალის საფუძველზე გამოიკვეთა ქიმიის კავშირის სხვადასხვა დისციპლინასთან, რასაც ქვემოთ გთავაზობთ გონებრივი რუკის სახით.

სტატია მომზადდა ბრიტანეთის ქიმიის სამეფო საზოგადოების რესურსის მიხედვით, რომელსაც თან ახლავს მოსწავლეთა სამუშაო ფურცლები და რეკომენდაცია მასწავლებლებისთვის PDF-ფაილების სახით. დაინტერესების შემთხვევაში შეგიძლიათ ეწვიოთ ქვემოთ მითითებულ ბმულს, ჩამოტვირთოთ ეს დამხმარე მასალა და დაამუშაოთ ის მოსწავლეთან და ინგლისური ენის პედაგოგთან ერთად, რაც ინტეგრირების კარგი მაგალითი იქნება. ■



**რესურსი:**  
 1. <https://edu.rsc.org/resources/chemistry-and-sport-weightlifting/858.article>



**რუსუდან თედორაძე**

ბუნებისმეტყველების ექსპერტ-კონსულტანტი,  
სსიპ მასწავლებელთა პროფესიული  
განვითარების ეროვნული ცენტრი

# STEM-ის მხარდაჭერა დაწყებით კლასებში და პროფესიული განვითარების მიღობები ორიენტირებული საინჟინრო დიზაინის გამოწვევაზე

ინაწილი

STEM განათლება სულ უფრო გავრცელებული ხდება დაწყებით საფეხურზე და მნიშვნელოვანია, რომ ყურადღება გამახვილდეს სწავლების პროცესში STEM დისციპლინებს შორის ინტეგრაციაზე. მსოფლიოში არაერთი საინტერესო კვლევა იქნა ამ მიმართულებით ჩატარებული, გთავაზობთ ჟურნალ International Journal of STEM Education-ში გამოქვეყნებულ კვლევის მიმოხილვას. კვლევის ავტორები არიან: Anne T. Estapa და Kristina M. Tank

შემოთავაზებული კვლევის ფარგლებში ცდილობდნენ გაეგოთ, თუ როგორაა შესაძლებელი დაწყებით კლასებში STEM ცნებების და საინჟინრო დიზაინის ინტეგრირება სასწავლო პროცესში. მკვლევრებმა გააანალიზეს STEM ინტეგრაცია სხვადასხვა კუთხით:

- მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების სემინარები;
- გაკვეთილის გეგმები;
- საგაკვეთილო აქტივობები;
- გაკვეთილის შემდგომი რეფლექსია.

გთავაზობთ ამ კვლევის ადაპტირებულ თარგმანს (ნაწილი 1).

მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში (მაგ. აშშ, ინგლისი, გერმანია და სხვა) ჩატარებული კვლევები მიუთითებს, რომ ადრეულ ასაკში სასწავლო გეგმის ფარგლებში STEM-ის აქტიურად ჩართვამ შესაძლოა, მოსწავლეებს დაეხმაროს საზოგადოებაში ინჟინერიის როლის გააზრებაში და ასევე დაეხმაროს მათ მათემატიკის და საბუნებისმეტყველო საგნების შინაარსის კონცეპტუალიზაციის გზით მიღწევების, მოტივაციის და პრობლემის გადაჭრის უნარების ჩამოყალიბებაში (Brophy et al. 2008; English and King 2015; Stohlmann და სხვ. 2012).

სწავლების დაწყებითი საფეხური ძლიერ შესაძლებლობას იძლევა STEM სწავლების განხორციელებისათვის, მაგრამ გამოწვევად რჩება თუ როგორ ახდენენ მასწავლებლები სასწავლო მასალის შინაარსის კონცეპტუალიზაციას, STEM შინაარსის ინტერპრეტაციას და მასში ინჟინერიის ინტეგრირებას და შემდგომში საკლასო გარემოში დანერგვას.



ამიტომ, მნიშვნელოვანია, რომ გამოვიკვლიოთ, თუ როგორ გავუმჯობესოთ და მხარი დავუჭიროთ მასწავლებლებს ინტეგრირებული STEM-ის კონცეპტუალიზაციისას და როგორ გამოიყენონ ინჟინერიაზე დაფუძნებული STEM გამოცდილება მათ საკლასო ოთახში.

მკვლევრები მიუთითებენ, დაწყებით კლასებში ინტეგრირებული STEM-ის და ინჟინერიის ჩართვის მხარდაჭერა მიღწეული იქნება მასწავლებელთა სისტემური და მაღალი ხარისხის პროფესიული განვითარების გზით (Guzey et al. 2014; Brophy et al. 2008; Roehrig et al. 2012).

მასწავლებლის პროფესიული განვითარების პროგრამები, როგორც წესი, მიმართულია გაზარდოს მასწავლებელთა პროფესიული ცოდნა, გააუმჯობესოს საკლასო პრაქტიკა და ხელი შეუწყოს სწავლებას (Estepa et al. 2016).

ერთ-ერთი კვლევა-სწავლა და მიღწევები (Borko et al. 2008; Guskey 1986 წელი; 2002) აჩვენებს, რომ პროფესიული განვითარება უნდა იყოს აქტიური, მდგრადი, თანმიმდევრული, თანამშრომლობითი, ფოკუსირებული შინაარსის ცოდნაზე, რათა გამოიწვიოს რეალური ცვლილებები პრაქტიკაში (Garet et al. 2001; Gamoran et al. 2006). კვლევამ დაადგინა, რომ საჭირო დახმარება მასწავლებლებს უვითარებს სწავ-

ლების უფრო ღრმა გაგებას სასწავლო დისციპლინის ფარგლებში (Brophy et al. 2008; Cunningham and Hester 2007; Ejiwale 2013).

მკვლევართა მოსაზრებით, პროფესიული განვითარების პროგრამები, რომლებიც ორიენტირებულია STEM-ის ინტეგრირებაზე დაწყებით საფეხურზე საკმაო რაოდენობითაა მსოფლიოში, მაგრამ მიუხედავად ამისა, შეზღუდულია კვლევითი გამოცდილება კონკრეტული შინაარსისა და უნარების შესახებ, რომლებიც სასურველია განუვითარდეს მოსწავლეს ინტეგრირებული STEM სწავლებისას, რადგან დაწყებით საფეხურზე ძალზედ მნიშვნელოვანია, ინტეგრირებული STEM-ის დანერგვა, როგორც სწავლების შინაარსის, ასევე უნარების განვითარების მხრივ (O'Brien et al. 2014).

შემოთავაზებული კვლევის ფარგლებში მნიშვნელოვანი საკითხი იყო გაერკვიათ, თუ როგორია მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების პროგრამები ორიენტირებული STEM კონცეფციებზე და საინჟინრო დიზაინის გამოყენებაზე, როგორც კონტექსტი ინტეგრაციისათვის საკლასო ოთახში.

მკვლევრების მიერ გამოყენებულ იქნა ორი განსხვავებული STEM ჩარჩოს შერეული მოდელი. პირველი იყო STEM პროფესიული განვითარება (Roehrig et al. 2012), რომელიც განსაზღვრავს STEM ინტეგრაციას, რათა დაეხმაროს მასწავლებლებს:

- მოსწავლეებს გაუადვილონ STEM დისციპლინების გაგება ცნებების კონტექსტუალიზაციის გზით,
- გააფართოონ მოსწავლეთა თვალსაწიერი რელევანტური STEM კონტექსტებით, რომელიც კავშირშია მათსოციალურ თუ კულტურულ რეალობასთან.
- სხვადასხვა გზების გამოყენებით გაზარდონ მოსწავლეების ინტერესი STEM დისციპლინების მიმართ.

მეორე ჩარჩო იყო საკლასო ოთახში STEM ინტეგრაციის ჩარჩო (Moore, Stohlmann et al. 2014; Moore



et al. 2014), რაც გულისხმობს, რომ მაღალი ხარისხის STEM ინტეგრაცია სასწავლო პროცესში უნდა მოიცავდეს შემდეგს: საინტერესო და მიმზიდველი კონტენტს, რომელიც საშუალებას მისცემს მოსწავლეებს პრობლემა დაინახონ მრავალი კუთხით, მიიღონ საინჟინრო დიზაინის გამოცდილება და წარუმატებლობის შემთხვევაში საშუალება ექნებათ ისწავლონ შეცდომებზე, მოსწავლეებე ორიენტირებული პედაგოგიკის საშუალებით.

მკვლევრების ყურადღება ფოკუსირებული იყო დაწყებით კლასში STEM-ის ინტეგრირებაზე და პროფესიული განვითარების მოდელზე, რომელსაც იყენებდნენ მასწავლებლები თავიანთ პრაქტიკაში შესაბამისი სტანდარტებით მუშაობისას (NGSS; NGSS Lead States 2013).

### STEM და ინჟინერია დაწყებით კლასში

ლიტერატურაში არ არსებობს ერთი დეფინიცია ან კონცეპტუალიზაცია, როგორია ან როგორ უნდა გამოიყურებოდეს STEM ინტეგრაცია დაწყებით საფეხურზე (Breiner et al. 2012; Roehrig et al. 2012; National Research Council 2014). მაგალითად, ზოგიერთი STEM-ს განმარ-

ტავს, როგორც „ინსტრუქციულ მიდგომას, რომელიც აერთიანებს საბუნებისმეტყველო და მათემატიკის დისციპლინების სწავლებას სამეცნიერო პრაქტიკის გზით, კვლევას, ტექნოლოგიურ და საინჟინრო დიზაინს, მათემატიკურ ანალიზს, 21-ე საუკუნის ინტერდისციპლინურ თემებს და უნარებს (Johnson. 2013).

National Research Council titled, STEM Integration in K-12 Education 2014 წლის ანგარიშში წარმოდგენილია ინტეგრირებული STEM-ის უფრო ჰოლისტური განმარტება, – ის არ არის კარგად განსაზღვრული ერთი გამოცდილება, არამედ მოიცავს გამოცდილებების მთელრიგს, გარკვეულ კავშირებს ხარისხით. მოსწავლემ ეს გამოცდილება შეიძლება შეიძინოს სხვადასხვა აქტივობების სახით ერთ ან რამდენიმე კლასში, ან სასწავლო თემის ფარგლებში, ან სკოლის გარეთ.

ბრაინერმა (Breiner et al. 2012) წარმოადგინა არგუმენტი, რომ STEM-ის კონსტრუქცია განისაზღვრება, როგორც იდეების სპექტრი, და რომ ეს განსხვავებული კონცეპტუალიზაცია ძირითადად დამოკიდებულია კონტექსტზე ან დაინტერესებულ მხარეზე, რომელიც ხელს უწყობს ამ იდეის პოპულარიზაციას. მიუხედავად იმისა, რომ STEM-ის უფრო დიდი და ყოვლისმომცველი დეფინიციები იძლევა მეტმოქნილობას



STEM-ის კონტექსტურ ასპექტებთან მიმართებაში, ეს ასევე იწვევს დაბნეულობას, კერძოდ, STEM-ის შემადგენელი ოთხი დისციპლინის რა წილით / ან თანასწორად უნდა იყოს წარმოდგენილი STEM-ის დიდ კონსტრუქციაში. ამიტომ, STEM-ის გარშემო კონცეპტუალიზაციის დიაპაზონზე ფიქრისას კვლავაც არსებობს საერთო პერსპექტივის საჭიროება და ლექსიკა, რომელზეც მკვლევრებს და პედაგოგებს შეუძლიათ საერთო მიზნის მიღწევაზე იმუშაონ (Berland 2014; National Research Council 2014; Roehrig et al. 2012).

რიგი მკვლევრების მოსაზრებით (Moore et al. 2015) STEM, როგორც საგნის (დისციპლინის) შინაარსის სწავლება მოიცავს საბუნებისმეტყველო მეცნიერების / ან მათემატიკის, საინჟინრო და შესაბამისი ტექნოლოგიების დიზაინს და მის პრაქტიკაში გამოყენებას.

კიდევ ერთი მოსაზრებით, STEM-ი შეიძლება განხილული იყოს, როგორც შინაარსის სწავლება და სწავლა, დისციპლინური ცოდნის პრაქტიკა, რომელიც მოიცავს მეცნიერებას და/ან მათემატიკას საინჟინრო და შესაბამისი ტექნოლოგიების საინჟინრო დიზაინის პრაქტიკას (Moore et al. 2015).

### STEM ინტეგრაცია და საინჟინრო დიზაინი

მიუხედავად იმისა, რომ მუდმივად იზრდება ინტერესი მოსწავლეებისათვის STEM დისციპლინებში სასწავლო გამოცდილების სხვადასხვა ხერხით მოწოდებასთან დაკავშირებით, მაინც მცირეა კვლევები, თუ რომელი მიდგომა უწყობს ხელს და რა ფაქტორები განაპირობებს სასწავლო პროცესში STEM ინტეგრაციას, რომელიც გაზრდის მოსწავლეთა ინტერესებს, სწავლას და მიღწევებს. (English and King, 2015; National Research Council, 2014) ინტეგრაცია არ არის ახალი იდეა, ძირითადად STEM შინაარსის სწავლება ცალმხრივად, მიუხედავად იმისა, რომ ინტეგრაცია შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა დონეზე და ერთ ან მეტ STEM-ის დისციპლინებში, ინტეგრირებული STEM-ის ერთ-ერთი საერთო მიდგომა

საინჟინრო დიზაინის კონტექსტად გამოყენების გზით სწავლა ბუნებისმეტყველების და მათემატიკის ფარგლებში (Brophy et al. 2008; Moore et al. 2014; Bethke Wendell and Rogers 2013).

ზოგადად, ინჟინერია ინტერდისციპლინური ხასიათისაა და მოითხოვს მათემატიკური და სამეცნიერო ცოდნის გამოყენებას იმისათვის, რომ გადაჭრას რეალური პრობლემები, რომლებსაც ინჟინრები აწყდებიან (Lachapelle and Cunningham 2014; Sheppard et al. 2009).

NGSS, რომელიც აყალიბებს შემდეგი თაობის მეცნიერების სტანდარტების საფუძველს, მნიშვნელოვნად უჭერს მხარს დისციპლინებში კავშირების დამყარების იდეას, რათა დაეხმარონ მოსწავლეებს იმის გააზრებაში, რომ მეცნიერება და ინჟინერია არის საზოგადოების წინაშე მდგარი გამოწვევების გადაწყვეტის ძირითადი ინსტრუმენტი.

სწავლა/სწავლების თვალსაზრისით, ეს არის ციკლი, რომელიც საშუალებას აძლევს მოსწავლეებს გამოიყენოს საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების და მათემატიკის ცოდნა, რეალურ სიტუაციაში პრობლემის გადასაწყვეტად გამოიყენოს ავთენტური საინჟინრო დიზაინი, რომელიც ხელს უწყობს მოსწავლეებს დაანახოს კავშირის სწავლასა და რეალურ სამყაროს შორის.

აღმოჩნდა, რომ საინჟინრო დიზაინის გამოცდილება არსებითად არის მამოტივირებელი მოსწავლეებისთვის, რადგან ის პასუხობს მოსწავლეთა ბუნებრივ მოთხოვნილებას პრობლემის გადაჭრისას, გააცნობიერონ როგორ მუშაობს ყველაფერი. ამასთანავე, იძლევა შესაძლებლობას მოსწავლეებს განუვითაროს პრობლემის გადაჭრისა და თვითმართვის უნარები, როდესაც ისინი მუშაობენ კომპლექსური ტიპის პრობლემის გადაჭრაზე (Crismond 2001; Cunningham and Hester 2007). ბოლოს, საინჟინრო დიზაინზე დაფუძნებული გამოცდილება შეიძლება გამოყენებულ იქნას არა მხოლოდ მოსწავლეებისათვის ინტერდისციპლინარული კავშირების გასაადვილებლად,



არამედ ამ ტიპის გამოცდილება ეხმარება სხვადასხვა დისციპლინებში კონცეპტუალური შინაარსის გაგებას /გაღრმავებას. (Kolodner et al. 2003; Mehalik et al. 2008).

STEM სწავლის კონტექსტში საინჟინრო დიზაინის ჩართვას აქვს პოტენციალი მოსწავლეებს მოუტანოს სარგებელი, მაგრამ ასევე ახლავს დიდი გამოწვევებიც, კერძოდ, დაწყებითი კლასის მასწავლებლებს ხშირად აქვთ შეზღუდული ცოდნა ინჟინერიაში და

STEM-ში, ხშირ შემთხვევაში არ აქვთ წვდომა გაეცნონ ხარისხიან სასწავლო მასალას, არ გააჩნიათ სწავლების ეფექტურობისათვის საჭირო მასალები და რესურსები.

(Brophy et al. 2008) გარდა ამისა, დაწყებითი სკოლის მასწავლებლებმა განაცხადეს, რომ თავს მოუმზადებლად გრძნობენ, თანაც პროგრამა გადატვირთულია და ინჟინერიასთან დაკავშირებული ცოდნის მიღება რთულია (Cunningham 2008; Lachapelle and Cunningham 2014; Diefes-Dux 2014). ამიტომ, მნიშვნელოვანია, დავებმართო მასწავლებლებს გადალახონ ეს გამოწვევები, უკეთ მოამზადონ საკლასო გარემოში STEM სწავლებაში ინჟინერიის ინტეგრირებისთვის. აუცილებელია, რომ ისინი უზრუნველყოფილი იყვნენ პროფესიული განვითარების პროგრამებით, რომლებიც დაფუძნებულია კვლევებზე, თუ რა მუშაობს და რა არა (Moore et al. 2014; Brophy et al. 2008; Roehrig et al. 2012), მაგრამ ეს წარმოადგენს გამოწვევას, რადგან ძალიან მცირეა ასეთი კვლევების რაოდენობა (O'Brien et al. 2014).

გაგრძელება შემდეგ ნომერში

#### ლიტერატურა:

1. Adams, R., Evangelou, D., English, L., Figueiredo, A. D., Mousoulides, N., Pawley, A. L., & Wilson, D. M. (2011). Multiple perspectives on engaging future engineers. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 48-88
2. Berland, L. K. (2014). Designing for STEM integration. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 3(1), Article 3. <http://dx.doi.org/10.7771/2157-9288.1078>.
3. Bers, M. U., Ponte, I., Juelich, K., & Schenker, J. (2002). Teachers as Designers : Integrating Robotics in Early Childhood Education. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 2002, 123-145. Retrieved from <http://www.edlib.org/p/8850/>.
4. Bethke Wendell, K., & Rogers, C. (2013). Engineering Design –Based Science, Science Content Performance, and Science Attitudes in Elementary School. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513-540
5. Borko, H., Jacobs, J., Eiteljorg, E., & Pittman, M. E. (2008). Video as a tool for fostering productive discussions in mathematics professional development. *Teaching and Teacher Education*, 24, 417-436. Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11. doi:10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x.
6. Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rodgers, C. (2008). Advancing Engineering Education in P-12 Classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387. doi:10.1002/j.2168-9830.2008.tb00985.x. Bybee, R. W. (2010). K-12 engineering education standards: Opportunities and barriers. In National Research Council (Ed.), *Standards for K-12 engineering education?* (pp. 55-66). Washington: The National Academies Press.



