

შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი

კომპიუტერული ტექნოლოგიების და საინჟინრო საქმის  
ფაკულტეტი

SCORM კომპიუტერული ალგებრის სისტემის Maxima-ს  
საშუალებით გამოყენებითი პროგრამების დამუშავება  
ელექტრო სტატიკისთვის

თუფან სირინი

სადოქტორო დისერტაციის ავტორეფერატი კომპიუტერული  
ტექნოლოგიების და საინჟინრო საქმეში

თბილისი / 2012

სელმძღვანელი : პროფ. დოქტ. ნიაზი არი

**ექსპერტები :**

პროფ. დოქტ. ავთანდილ ბახტაძე . . . . .

დოქტ. ვიქტორია ბარამიძე . . . . .

**ოპონენტები:**

ასოც. პროფ. დოქტ. ბადრი გორგილაძე . . . . .

პროფ. დოქტ. რომან სამხარაძე . . . . .

## ნაშრომის ზოგადი მახასიათებლები

“SCORM-ის შესაბამისი კომპიუტერული ალგებრის სისტემა-მაქსიმის განვითარება ელექტროსტატიკისთვის დამხმარე აპლიკაციებით”. წარმოადგენს მარტივ კვლევას ე.წ. case-study-ს კომპიუტერული ალგებრის სისტემა-მაქსიმის ეფექტური გამოყენების მეთოდების რეპრეზენტაციისთვის ელექტროსტატიკის ზოგადი სავარჯიშოების გამოთვლებსა და ვექტორული ანალიზის სხვადასხვა გამოთვლითი მეთოდის საფუძველზე; აგრეთვე, იგი ითვალისწინებს აპლიკაციების გამოცემას SCORM-ის შესაბამის ფორმატში Web ხელმისაწვდომობისა და გავრცელებისთვის. ეს არის სანიმუშო კვლევა, განკუთვნილი მეცნიერების, ინჟინრების, მეცნიერ-მუშაკების, ინსტრუქტორებისა და სტუდენტებისთვის, რომლებიც მოღვაწეობენ თუ სწავლობენ ელექტრომაგნეტიზმის სფეროში.

## ნაშრომის თემატური აქტუალობა

ინფორმაციისა და კომპიუტერული ტექნოლოგიების (ICT) გამოყენებამ ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებას სულ რაღაც თითის რამდენიმე დაჭერით ბევრად უფრო მარტივი, სწრაფი და ფანტასტიკური გახადა. ყოველ ადამიანურ გამოვლენაში ჩვენ ვხედავთ ტექნოლოგიური მიღწევების შესაბამისი გადაწყობისა და გამოსახვის მნიშვნელოვან მცდელობას. ცოდნის მიღება და დამუშავება ციფრული სულ უფრო მყისიერად ხდება. ტრადიციული განათლების მახასიათებლების ხელახალი გადაწყობა და დამკვიდრება კომპიუტერულ ბაზაზე დაფუძნებული ტექნოლოგიების პარალელურად მიმდინარეობს.

წინამდებარე თეზისები წარმოადგენენ მოდელს - საფეხურს ცოდნის წარმოებასა და საინჟინრო საქმეში კომპიუტერული ტექნოლოგიებისა და ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების ინტეგრაციის მიმართულებით. სანამ კომპიუტერებს გამოიგონებდნენ, ინჟინრები ძალ-ღონეს არ იშურებდნენ გამოთვლითი ტექნიკის შესაძლებლობების გაუმჯობესებაზე მუშაობით. კომპიუტერული ინჟინრების გარდა, განათლების მუშაკნიც ცდილობდნენ ამ “გონიერი იარაღის” საგანმანათლებლო პროცესებთან ადაპტაციას. ჩვენ ვიყენებთ ისეთ ზოგად

ტერმინებს, როგორც კომპიუტერული თანაშემწე ინსტრუქცია (CAI), განათლება კომპიუტერულ ბაზაზე(CBE), კომპიუტერულად მართვადი ინსტრუქცია (CMI), ინსტრუქცია კომპიუტერულ ბაზაზე(CBI)დაგანათლება WEBბაზაზე (WBE)სწავლის დონის ასამაღლებლად კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენების აღსაწერად. ბევრ შემთხვევაში, ისინი ამ ტერმინებს რაიმე აზრობრივი განსხვავების განფენილობისთვისურთიერთჩანაცვლებადი მნიშვნელობით იყენებენ, რაც ერთგვარ ბუნდოვანებას იწვევს.კომპიუტერული აღგებრის სისტემა (CAS) წარმოადგენს კომპიუტერული ტექნოლოგიის გამოყენების კიდევ ერთ შედეგს საკუთრივ, ხელოვნური ინტელექტის (AI) კვლევებში. CAS წარმოადგენს ინფორმაციულ ტექნოლოგიურ ინსტრუმენტს ე.წ. სოფტს (software), რომელიც აღგებრული ოპერაციების სიმბოლური და რიცხვითი მანიპულაციების საწარმოებლად გამოიყენება.იგი 1960-იან წლებში შემუშავდა ინჟინრებისა და მეცნიერების მიერ თავიანთი სპეციფიკური მიზნებისთვის. CAS-ის გამოყენებამ თეორეტიკოს და პრაქტიკოს მეცნიერებს თავიანთ კვლევებში მრავალი პრობლემისგადწყვეტის საშუალება შეუქმნა, როგორცაა რთულ გაანგარიშებათა ზუსტი და სწრაფი გამოვლენები, “რეალური სამყაროს” ძვირი ექსპერიმენტების ჩატარება ვირტუალურ ლაბორატორიებში შედარებით იაფი ხერხებით დასხვ., 1980-იანი წლებიდან დაიწყო განათლების სისტემასთან მათი ინტეგრირება.

ბევრმა უნივერსიტეტმა შეცვალა CAS-ის კურსები. მსოფლიოში მრავალი კონფერენცია ჩატარდა CAS-ის აპლიკაციების გარშემო.ამ საკითხის შესახებ გამოიცა უამრავი ჟურნალი. CAS-ის გამოყენების ქომაგი განათლების მუშაკთა რიცხვი სულ უფრო იზრდება. CAS-ის გამოყენებით ჩატარდამრავალი კვლევა მათემატიკის სწავლებისა და ინჟინერიის კურსებზე. CAS-მა მიიპყრო განათლების მკვლევართა და სრუდენტთა ყურადღება მეცნიერებაში.დასაწყისში განათლების წარმომადგენლები ცდილობდნენ CAS-ისსასწავლოაუდიტორიებში გამოყენების შესწავლას, მაგრამ შემდგომ მოხდა ამ პროგრამების შედგენა და რესტრუქტურირება საგანმანათლებლო მიზნებისთვის. კლასში კომპიუტერების გამოყენება განათლების სისტემისთვის“დამხმარე იარაღი” აღმოჩნდა.ზოგიერთმა

მათგანმა აღმოაჩინა კომპიუტერული ალგებრის სისტემების “კარგი იარაღი”, რომელიც სწავლისა და სწავლების მრავალი ხელსაყრელი შესაძლებლობის მიწოდებას უზრუნველყოფდა კონსტრუქტივისტური მიდგომის შესაბამისად. არსებობს მრავალი მოქმედი CAS. Matlab, Maple, Mathematics, რომლებიც წარმოადგენენ ყველაზე ცნობილ სავაჭრო ნიშნებს და კომპანიების მიერ იმართებიან. ბევრი მათგანი ღია წყაროს პროგრამებია, ისეთები, როგორცაა Maxima, Scilab, Reduce, SAGE, Octave და სხვ. ღია წყაროს CAS-ები მოხალისეთა მიერ იმართებიან.

ბოლო ათ წელიწადში ჩვენ გავხდით გარკვეული პუბლიკაციების მომსწრე, როგორცაა ფიზიკა Maple-ით, მეცნიერული გამოთვლები Matlab-ით, Matlab-ის პრაქტიკული საფუძვლები ინჟინრებისთვის, Matlab ინჟინრებისა და მეცნიერებისთვის, Maple-ს გამოყენება ინჟინრებისა და მეცნიერებისთვის. სავარაუდოა, ამგვარ პუბლიკაციათა რიცხვი მომავალში სულ უფრო გაიზარდოს, რამდენადაც კომერციული პროდუქცია მათ გაუმჯობესებაზე მუშაობს. მიუხედავად ამისა, ჩვენ პუბლიკაციების კომპაქტურობისა და ფორმალიზაციის მომსწრე ვხდებით, აგრეთვე, ღია წყაროს CAS-ების დეტალური კვლევების შემჭიდროვებისა.

კომპიუტერული ალგებრის სისტემის გამოყენების მთავარი პრობლემა მომხმარებელთა ინფორმაციულ ტექნოლოგიურ საშუალებასთან ე.წ. სოფტთან (software) არანაცნობობასა და კომერციული პროდუქციის ხარჯების გაუცნობიერებლობაში მდგომარეობს. თუ მომხმარებლები (მეცნიერები, მეცნიერ-მუშაკები, მასწავლებლები, სტუდენტები) არ იცნობენ, თუ როგორ გამოიყენონ მათ მიერ შერჩეული CAS საკუთრივ თავიანთი ინტერესების სფეროში, იგი უბრალოდ ხდება შავი ყუთი. მას შემდეგ, რაც ისინი ინსტრუმენტის გამოყენებას ეცნობიან, შავი ყუთი “თეთრ ყუთად” იქცევა. თერი-დანა პიკარდი 2006 წელს ამ პრობლემის გადაწყვეტას კურსდამთავრებული სტუდენტებისთვის ორ საფეხურად ამჯობინებდა: 1 - CAS-ის გაცნობა ინსტრუქტირებისა და სტუდენტებისთვის მცირე სესიების ფარგლებში, 2 - ფუნდამენტური ცოდნის გაფართოება მომავალი კვლევებისთვის.

ღირებულების პრობლემა შეიძლება მოიხსნას CAS-ის გამოყენების შედეგად CAS, რომლითაც ჩვენ ვსარგებლობთ, არის Maxima. Maxima წარმოადგენს ზოგადი დანიშნულების ინტეგრირებულ CAS-ს. Maxima-ს შეუძლია თითქმის ყველა მაღალი დონის გამოთვლების შესრულება, როგორცაა დიდი რიცხვების ფაქტორიზაცია, უკიდურესად დიდი პოლინომიალების მანიპულაციები და სხვ.

Maxima წარმოადგენს ერთ-ერთ დიალექტს CAS-ს, რომელიც ეფუძნება პირველ ინტეგრირებულ CAS-ს, MACSYMA-ს. იგი განვითარდა MIT-თან. MACSYMA-ს სისტემა აღმოცენდა მათემატიკური სოფტის (software) კვლევებიდან MIT-თან AI ჯგუფში გვიან 1960-იან წლებში. ამერიკის შეერთებული შტატების ენერგეტიკის დეპარტამენტისა და სხვა სამთავრობო სააგენტოების მხარდაჭერით. MACSYMA-ს (DOE MACSYMA) ვერსია შენარჩუნებულ იქნა ბილი შელტერის მიერ 1982 წლიდან 2001 წლამდე, მის სიკვდილამდე. შელტერმა ენერგეტიკის დეპარტამენტიდან (DOE) მიიღო თავისი ვერსიის გამოშვების ნებართვა გენერალური საზოგადოებრივი ლიცენზიის (GPL) საფუძველზე. აღნიშნული ვერსია დღეს წოდებული Maxima-დ, შენარჩუნებულ იქნა მომხმარებელთა და დეველოპერთა დამოუკიდებელი ჯგუფის მიერ და თანამედროვე სისტემებს შორის ითვლება როგორც საუკეთესო და უსწრაფესი მოხმარების თვალსაზრისით. Maxima-ს გააჩნია დაახლოებით 100 ათასი მომხმარებელი მთელს მსოფლიოში. იგი საკმაოდ მეგობრული მოხმარების და ძალზე მარტივი საურთიერთობო ენის მქონე ტექნოლოგიაა.

ჩვენს ნაშრომში გამოიხსნა გვაქვს იმის ჩვენება, თუ“სულ მცირე, რისი გაკეთება არის შესაძლებელი Maxima-ს დახმარებით” ელექტროსტატიკის გამოთვლების სფეროში. ჩვენი მიზანია “თეთრი ყუთის” მომზადება მეცნიერების, მეცნიერ-მუშაკებისა, ინსტრუქტორებისა და სტუდენტებისთვის. აქ წარმოდგენილია გადაწყვეტის მეთოდები რთული და ხანგრძლივი გაანგარიშების გამოთვლებისთვის. აქ წარმოდგენილია პროგრამირების მეთოდები და მომზადებულია რამდენიმე პროგრამა, რომელსაც . Maxima-არ მოიცავს. ასეთი ნაშრომი, რამდენადაც ჩემთვის ცნობილია, არის უნიკალური გამოკვლევა,

ჩატარებული Maximis საშუალებით ელექტროსტატიკის სფეროში. ეს PhD სადისერტაციო ნაშრომი წარმოადგენს ტიპურ მოდელს Maxima-ს გამოყენებით ელექტრომაგნეტიკის სფეროში ახალი კვლევების განხორციელების გზაზე, როგორცაა ელექტროდინამიკა, ელექტრომაგნეტიკური ველები, ანტენები, ტალღური გაიდები, გზამკვლევები, და ხაზების ტრანსმისია და ა.შ. ეს შრომა შეიძლება გამოდგეს მომავალი სამეცნიერო და აკადემიური კვლევებისთვის ელექტრომაგნეტიზმის დარგში. იგი შეიძლება გამოიყენებოდეს ტექნიკურ უნივერსიტეტებში ინჟინერიის სასწავლო კურსების საზღვრებში, რომლებშიც ელექტრომაგნეტიზმის თეორია და პრაქტიკა ისწავლება, აგრეთვე, ინდუსტრიულ პროექტებში ლაბორატორიული საწარმოო ელექტრომაგნეტიკური პრობლემების გადასაჭრელად.

მეორე მხრივ, ჩვენი ნაშრომი შესაძლოა, გახდეს მათემატიკურ case-study-დ იმათთვის, ვინც სწავლობს ელექტროსტატიკას და მოვალეა შეისწავლოს მათემატიკა “სპეციალურად ელექტროსტატიკისთვის”. მოცემულითემები მოქცეულია ჩვენი ნაშრომის ფარგლებში, ასე რომ დაინტერესებულ პირებს არ მოუწევთ თავიანთი თემის ძებნა ზოგადი და სქელტანიანი წიგნების ფურცლებზე, როგორცაა მათემატიკა ინჟინრებისა და მეცნიერთათვის.

მე გამოვიყენე Web ტექნოლოგია ‘Maximas-ს აპლიკაციების გავრცელებისათვის’. მართვის სისტემების კურსი (CMS) გამოიყენება მრავალი უნივერსიტეტების მიერ, როგორც კურსის კონტენტ გავრცელების სისტემა. Web კონტენტის მომზადება საერთო პრობლემას წარმოადგენს ‘კომპიუტერთა არაექსპერტი მომხმარებლებისთვის’ (განსაკუთრებით ინსტრუქტორთათვის). სწორედ ამიტომ Web კონტენტების მოსამზადებლად მე გადავზოხობთ კიდევ ერთ ღია წყაროსა და მარტივი მოხმარების საშუალებას ‘eXe’ (ე.წ. სოფტს). ‘eXe’-ს შინაარსობრივიგარემო მომცველი იქნება იმდენად, რომ იგი Web კლიენტებისთვის მისაწვდომი გახდეს ყველგან, სადაც კი ისინი იმყოფებიან.

Web-ის შინაარსობრივი ოკეანე, რომელიც ადამიანებმა შეიძლება ერთმანეთს გაუზიარონ. განათლება Web ბაზაზე (Web-Based Education (WBE) თანდათან

ყალიბდება ტრადიციული განათლების სისტემების ალტერნატიულ სისტემად. WBE-ს სტუდენტთა რიცხვი მთელს მსოფლიოში დაახლოებით 100 მილიონს შეადგენს. WBE ხორციელდება სპეციალური ინფორმაციულ-ტექნოლოგიური საშუალების (სოფტის) ე.წ. CMS-ების მეშვეობით. ციფრული კონტენტი უნდა იყოს SCORM-ის (Sharable Content Reference Model) სტანდარტების შესაბამისი, რომელსაც სხვადასხვა CMS-ებს შორის გაცვლის უნარი ექნება. ეს სრანდარტები ვითარდება ამაღლებული დისტრიბუციული სწავლის (Advanced Distributed Learning (ADL) საფუძველზე. სხვა სიტყვებით, შინაარსი SCORM-ის შესაბამისია, ანუ ეს შინაარსი შესაძლებელია იცვლებოდეს სხვადასხვა CMS-ის მიერ.

კომპიუტერული ალგებრისა და Web ბაზაზე არსებული განათლების შესახებ მსოფლიოში ჩატარებულია თეორიული, და საგანმანათლებლო ხასიათის მრავალი კონფერენცია. ზოგიერთი მათგანია: რაინის პრაქტიკუმი (Workshop) კომპიუტერულ ალგებრაში (RWCA), გამოთვლითი მათემატიკის საფუძვლები (FoCM), კომპიუტერული ალგებრის აპლიკაციები (ACA), კომპიუტერული ალგებრის პრაქტიკუმი (Workshop) მეცნიერულ გამოთვლებში (CASC). ერთ-ერთი მათგანია კომპიუტერული ალგებრა და მისი გამოყენება ფიზიკაში დუბნაში, სანქტ-პეტერბურგი, რუსეთი. ასეთი კონფერენციების კალენდარი შეგიძლიათ მოიძიოთ საიტზე [www.sigsam.org/calendar.phtml](http://www.sigsam.org/calendar.phtml). მრავალ უნივერსიტეტს გააჩნია კომპიუტერული ალგებრის ჯგუფები თუ პროექტები. ბევრი ჟურნალი გამოიცემა გამოთვლითი მეცნიერებებისა და სიმბოლური გამოთვლითი ტექნიკების შესახებ. Elsevier, მეცნიერებისა და მათემატიკის განათლების საერთაშორისო ჟურნალი (Elsevier, International Journal of Science and Mathematics Education), მათემატიკის კომპიუტერული ალგებრის საერთაშორისო ჟურნალი მათემატიკურ განათლებაში (International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education), საერთაშორისო ჟურნალი, კომპიუტერები მათემატიკური სწავლებისთვის (The International Journal of Computers For Mathematics Learning). მრავალი უნივერსიტეტი და კომპანია სთავაზობს Web ბაზაზე დაფუძნებულ/გაშუალებულ ტრენინგებს თავიანთ სტუდენტებსა და მუშაკებს. WBE



იძლევა უზარმაზარ ეკონომიას მსოფლიოს მასშტაბით მასზე გაზრდილი “მოთხოვნა-მიწოდების”გამო.

### **თეზისების საგნობრივი ბმულები (კავშირები)**

თეზისების თემა წარმოადგენს ე.წ. case-study-ს აპლიკაციას (განაცხადს) ხელოვნური ინტელექტის, კომპიუტერული ალგებრის, გამოყენებით მათემატიკურ მეცნიერებათა, ინჟინერიისა და გამოთვლითი მეცნიერებების ურთიერთგადამკვეთ (ტრანსსექციურ) სფეროებში, ელექტრომაგნეტიზმის კვლევა-ძიებისადაპედაგოგიურ პროცესებში; “ელექტრომაგნეტიზმის ელექტროსტატიკის ნაწილის” სწავლებისა და სწავლის პროცესებში კომპიუტერიზებულ გარემოსა და Web ბაზაზე დაფუძნებულ/გაშუალებულ განათლებაში.

### **ნაშრომის მიზანი და ამოცანები**

წინამდებარე ნაშრომის მიზანიაCAS-Maxima-ს გონივრული გამოყენება ელექტროსტატიკაში, პროგრამირების მეთოდების რეპრეზენტაცია Maxima-ს გარემოში მეცნიერების, ინსტრუქტორებისა და სტუდენტებისთვის და ამ აპლიკაციათა მომზადება ნებისმიერი Web კლიენტის მოხმარებისთვის. მოცემული ნაშრომით ჩვენ გამოიზნული გვაქვს, გავხსნათ გზა ახალი კვლევებისა და ელექტროსტატიკის სწავლისა თუ სწავლების წარმართვისთვის, რომლებიც აღნიშნულ პროცესს გაცილებით მარტივს, სწრაფსა და კრეატიულს გახდის.

ამ ნაშრომით ჩვენ შევეცადეთ მოგვეძებნა მითითებული პრობლემების გადაწყვეტა შემდეგ საკითხებში:

- 1 – ნაცნობობის, სიახლოვის შექმნა Maxima-ს გამოყენებასთან დაკავშირებული მომხმარებლებისთვის მოცემულ დომეინში;
- 2 – CAS ღირებულებითი პრობლემის შედარებით იაფი გადაწყვეტა;
- 3 – Case-study-ს პრეზენტაცია კომპიუტერული ალგებრის სფეროში და Maxima-ის საშუალებით მისი აპლიკაციების წარმოდგენაელექტროსტატიკის დარგში;

4 – SCORM-ის შესაბამისი ციფრული კონტენტ მეთოდების მომზადება და ჩვენება;

5 – ტექნიკური ინსტრუმენტის მომზადება, რომელიც მასთან დაკავშირებულ პირებს ხელსაყრელი შესაძლებლობებით უზრუნველყოფს ახალი კვლევებისა და აკადემიური კვლევების ჩასატარებლად.

### ნაშრომის მეთოდოლოგია

ლიტერატურის მიმოხილვის შესაბამისად ჩამოთვლილია სხვადასხვა მეცნიერთა მიერ დეკლარირებული საგანმანათლებლო პროცესში CAS-ის გამოყენების უპირატესობები და ნაკლოვანებები. მათი გათვალისწინებით და ფიზიკის 15 წლიანი პედაგოგიური გამოცდილების საფუძველზე ჩვენ შევიმუშავეთ მეთოდოლოგია, რომლის პრინციპებიც მოყვანილია ქვემოთ:

- პირველად ხდება თეორიული ბაზისის გადმოცემა და შემდგომ Maxima-ს აპლიკაციების წარმოდგენა.
- Maxima-ს დახმარებით სავარჯიშოების გადაწყვეტა უზრუნველყოფს ქვესაფეხურების თანმიმდევრობას;
- დიალექტიკური განსხვავებები მითითებულ წიგნებსა და Maxima-ს შორის კორექტულია და ხაზგასმულია, სადაც ამის საჭიროება არსებობს;
- წარმოდგენილია სათანადო გრაფიკული ილუსტრაცია, სადაც ამის საჭიროება წარმოიშვება;
- მე არ დამიტვირთია Maxima-საკუთარი შინაარსით, არამედ გავაძლიერე იგი იმის წარმოსაჩენად, რაც მსურდა;
- შევეცადე არ მომეხდინა ნებისმიერი ბაზისური მაგალითის უზრუნველყოფა, რომლის სწავლებაც აუცილებელი იყო აუდიტორიებში;
- შევეცადე Maxima-ს გამოყენების სწავლებას აპლიკაციების პრეზენტაციის პროცესში;
- პროგრამირების მეთოდები მოცემულია აპლიკაციების მაგალითებით;

- დემონსტრირებულია კურსის Web-გვერდის მომზადება, ან SCORM-ის შესაბამისი შინაარსის (კონტენტი)გაფორმება.
- შინაარსის (კონტენტის) დიზაინი შესაბამისობაშია SCORM-ის სტანდარტებთან, რამაც მომხმარებლებში მისი ფართო პოპულარობა განაპირობა.

**ნაშრომის ამოცანებია:**

- ა) CAS-ის გამოყენების ღირებულებითი პრობლემის უფასო გადაწყვეტის უზრუნველყოფა
- ბ) “პრობლემის გადაწყვეტის მომზადება ელექტროსტატიკისთვის განკუთვნილი სასწავლო საშუალების ბაზაზე”
- ც) Maxima-ს დახმარებით თითქმის ყოველი გაანგარიშების ილუსტრირება ვექტორული ანალიზისა და ელექტროსტატიკის გამოთვლებში გამოყენებითიყნარებისა და გამოანგარიშებათა პროგრამირების მეთოდების საფუძველზე
- დ) სამუშაო ცხრილების(Worksheet) ამუშავების მზადყოფნა თვითშესწავლისა და ელექტროსტატიკის კვლევებისთვის კომპიუტერული ლაბორატორიული სესიების მომზადება
- ე) სანიმუშო, სამაგალითო ნაშრომის პრეზენტაცია “კომპიუტერული ლაბორატორიული სესიებისთვისინჟინერიის ლექციებზე ნებისმიერი მომხმარებლისთვის, ვისთვისაც უცნობია კომპიუტერული ალგებრის სისტემები
- ფ) კომპიუტერული ალგებრის (Maxima) ეფექტური გამოყენების მეთოდების პრეზენტაცია ელექტროსტატიკის კვლევებში
- გ) პროგრამირების მეთოდების ჩვენება არაპროგრამისტებისთვის Maxima-ს საშუალებით
- ჰ) მომხმარებელთა წახალისება Maxima-ს გამოსაყენებლად მათი შესწავლის, კვლევის მიზნებისთვის
- ო) Maxima-ს უნარებისა და შესაძლებლობების გამოვლენა და განვითარება ელექტროსტატიკაში გამოთვლების საწარმოებლად

- ჟ) სასწავლო დამხმარე საშუალებების პრეზენტაცია, რომლებიც ხელმისაწვდომია მსოფლიო ინფორმაციულ ქსელში (Web) (ფართო თუ ლოკალური), აგრეთვე, კვლავ მოხმარებადი და სხვადასხვა პომპიუტერულ სისტემებში ინტეგროპერირებადია SCORM-ის სტანდარტების გამოყენებით,
- კ) Maxima-ს გარემოცვაში მოხმარებადი, მოქნილი, ადგილისა და დროის თვალსაზრისით თავისუფალი და მოსახერხებელი Web ბაზაზე დაფუძნებული პრობლემის გადაწყვეტის სასწავლო დამხმარესაშუალებაელექტროსტატიკასთვის”

ნაშრომის მეშვეობით მოხმარებადი შეიძენს Maxima-ს საშუალებით დაწვრილებით ცოდნასა და გამოცდილებას შემდეგი საგნების შესწავლასა და კვლევაში:

- ვექტორული ალგებრა
- ვექტორული ოპერაციები მართკუთხა, ცილინდრულ და სფერულ კოორდინატებში
- Maxwell-ის განტოლებები
- დიფერენციალური განტოლობების გადაჭრა
- წილობითი დიფერენციალური განტოლებების გადაჭრა
- კომპლექსური ანალიზის მეთოდების გამოყენება ელექტროსტატიკაში
- სასრული დიფერენციის მეთოდის აპლიკაციები
- 2D და 3D პლოტირების გრაფიკები

#### ნაშრომის მეცნიერული სიახლე, ინოვაცია

- ელექტროსტატიკის კვლევებში გამოყენებადი მათემატიკური მეთოდების ერთობლიობა

- მოდელის შემუშავება ელექტროსტატიკის გამოთვლებში Maxima-ს გონივრული, მოსახერხებელი გამოყენებისთვის
- გზამკვლევი ინსტრუმენტის შემუშავება ინჟინერიის სხვა დარგებში უმაღლესი მათემატიკის გამოყენებისთვის
- სასწავლო აუდიტორიებში საგანმანათლებლო პროცესისთვის მხარდამჭერი ინსტრუმენტის შემუშავება შემსწავლელთა ხელით და ავტომატიზებული გამოთვლითი უნარ-ჩვევების გაძლიერების მიზნით
- პირველი ნაბიჯის განვითარება ელექტრომაგნეტიზმის სფეროში Maxima-ს საშუალებითახალი სამეცნიერო და აკადემიური კვლევების ჩასატარებლად

**ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა, შედეგები:**

მეცნიერებს ექმნებათ გონივრული, მოსახერხებელი გამოთვლითი ინსტრუმენტი თავიანთი კვლევების საწარმოებლად. მათ ეძლევათ თითის რამდენიმე დაჭერით გამოთვლების განხორციელებისა და მიღებული შედეგების ნახვის საშუალება ალგებრული გამოსახულებების, გრაფიკებისა თუ ანიმაციების მოშველიებით. კომპიუტერული ალგებრის სისტემას გააჩნია “დამხმარე” ფაილები. ეს არის ე.წ. სოფტში (software) შემაჯავლი ფუნქციების სია.მომხმარებლები კარგავდნენ უამრავ დროს სათანადო კოდის მოძიების გამო. ახლა კი შესაძლებელია ელექტროსტატიკაში გამოყენებადი კოდების გამოტანა და მათი მომხმარებლებისთვის მიწოდება მომზადებული სახით. ესმოცემულ შრომას “პრაქტიკულ იარაღად” აქცევს. შესაძლებელია ამ გამოკვლევის კომპაქტური ელექტრონული მატარებლის (CD) ფორმით ჩასმა და მისი კონვერტირება “მოსახერხებელ სასწავლო დამხმარე საშუალების სისტემად Maxima-ს ბაზაზე”.მისი კონტენტი, შინაარსი მზად არის ნებისმიერი უნივერსიტეტის CMS სარგებლობისთვის.

ინსტრუქტორებს, მეცნიერებს ექნებათ გონივრული, მოსახერხებელი სასწავლო დამხმარე საშუალების სისტემა, რომელიც მათთვის დაწვრილებით ახსნილია. მათ ეძლევათ მეტი მაგალითების მოშველიებისა და სათანადო გრაფიკების, პასუხების ჩამონათვალისა თუ ანიმაციების ილუსტრირების უნარი. მათშეეძლებათ მეტი სარგებლის მიღება კომპიუტერულად გაშუალებული

სწავლებისგან, ანუ სწავლების პროცესის აგება კონსტრუქტუვისტური თეორიის შესაბამისად, რომელიც დღეს ასეთი პოპულარულია.მოდ შექმნებათ სწავლების ისეთი მეთოდების დაუფლება, როგორცაა პრობლემაზე დაფუძნებული და ჯგუფური სწავლების, კვლევის მეთოდები.

სტუდენტებს ეძლევათ გონიერი დამხმარე თავიანთი კვლევების საწარმოებლად. მათ შექმნებათ გააუმჯობესონ თავიანთი კალკულაციური უნარ-ჩვევები.

არ არსებობს მოცემული ნაშრომით სარგებლობის ფინანსური პრობლემა.

### **ნაშრომის საიმედოობა**

მე გამოვიყენე სავარჯიშოები და ელექტროსტატიკაში მოყვანილი კარგად ცნობილი პრობლემები და უმაღლესი დონის მათემატიკური წიგნები. ჩვენ მათი დახმარებით მივიღეთ იგივე შედეგები.მაგალითად., როდესაც მე ვმუშაობდი Maxima-ს კოდის შედგენაზე პოიზონის განტოლებების რიცხვითი გაანგარიშებების მიზნით, მე მომიხდა მათი შემოწმება უფრო მაღალი დონის CAS,Matlab და Maple-ს ინსტრუმენტებით.სტუდენტებმა, რომლებსაც ვასწავლიდი *მათემატიკურ ფორმულებს ფიზიკისთვის*, ეს ნაშრომი გამოსადეგ და მარტივი მოხმარების საშუალებად მიიჩნიეს,

### **ავტორის პერსონალური წვლილი:**

ყველა კომპიუტერული ნაშრომი (Maxima და eXe) შექმნილია ჩემს მიერ.მემოცემული ნაშრომი შევადგინე ფიზიკაში ჩემი 18წლიანი პედაგოგიური გამოცდილების საფუძველზე. CAS-ის გამოყენებაში არსებულისარვეები გასწორებული იქნა ავტორის მიერ. მაგალითად., გამარტივებულ იქნაMaxima-ს გამოთვლებით მიღებული უზარმაზარი შედეგები.

წარმოებსშედეგების გრაფიკების პლოტირება. მე დავწერე ახალი Maxima “.mac” ფაილები, რომლებიც არ არიან Maxima-ში. მაგალითად.,vecttrans.mac ფაილებს გადაჰყავს კოორდინატები და ვექტორის გამოსახულებები სხვადასხვა კოორდინატულ სისტემაში, პოიზონისა და ლაპლასის ფორმულების რიცხვითი

ამოსხნები, გაანგარიშებები ჩაწერილია FORTRAN და Matlab კოდებიდან შთაგონების შედეგად.

წარმოდგენილია დასაცავად შემდეგი შედეგები:

- წინამდებარე ნაშრომის გამოთვლების შესაძლებლობები ელექტროსტატიკაში
- ნაშრომის მათემატიკური შესაძლებლობები
- სასწავლო აუდიტორიებში ნაშრომის გამოყენების შესაძლებლობა
- სტუდენტთა პერსონალური კვლევების დონის ამაღლების შესაძლებლობა ნებისმიერ დროს და ნებისმიერ ადგილას.

**ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:**

დისერტაცია შედგება სამი თავისაგან, დასკვნისა და დანართისაგან. ნაშრომი მოიცავს 217 გვერდს, შედგება 200 დიაგრამის, 200 ცხრილისა და 4 დანართისაგან.

პირველ თავში ჩვენ გავაანალიზეთ კომპიუტერულ ალგებრასთან დაკავშირებული ტერმინები, როგორებიცაა:

- კომპიუტერული ალგებრის სისტემებიზოგადად
- კომპიუტერული ალგებრა; კომპიუტერული ალგებრის სისტემებში ოპერირებადი მათემატიკური აპარატის ალგებრული ბაზისი რამდენიმე მაგალითის საფუძველზე
- CAS-ები კომპიუტერული პროგრამირების ენებისა და ხელოვნური ინტელექტის მუშაობის პერსპექტივიდან
- განათლება და კომპიუტერული ალგებრა
- Maxima როგორც კომპიუტერული ალგებრის სისტემა

პირველი თავი წარმოადგენს კომპიუტერული ალგებრის სისტემების როგორც მათემატიკურ ინსტრუმენტისა და ინფორმაციულ ტექნოლოგიურ საშუალების ე.წ. სოფტის (software) მიმოხილვასა და ანალიზს. განხილულია მათემატიკურ მოწყობილობათა ზოგადი შესაძლებლობები,

რომლებიც მუშაობენ CAS-ის საფუძველში და პროგრამირების მათემატიკური ფუნქციების ზოგიერთი ალგორითმი. კომპინატორული ლოგიკა და ლამბდა გამოთვლები განიხილება როგორც მეცნიერული პროგრამირების ლოგიკის ფუნდამენტი. მიმოხილულია რამდენიმე CAS. CAS-ების მოქმედება და მათი გავლენა საგანმანათლებლო პროცესზე დეტალიზირებულია საგანმანათლებლო და კვლევითი ასპექტით. აღნიშნულია განათლებაში CAS-ების ეგექტური გამოყენების წესები. მოყვანილია Maxima-ს შედარება რამდენიმე სხვა ცნობილ CAS-თან, აგრეთვე, Maxima-ს კრიტიკა მისი პოზიტიურ და ნეგატიურ თავისებურებათა კუთხით.

მეორე თავში წარმოდგენილია ინტერნეტ სწავლებისა და SCORM-ის სტანდარტების ანალიზი სამ ნაწილად.

- ინტერნეტ სწავლება
- SCORM-ის სტანდარტები
- 'eXe' სოფტი

მეორე თავი შეეხება e-სწავლებას ან სწავლებას Web ბაზაზე. აღნიშნულია e-სწავლების უპირატესობები და ნაკლოვანებები. გაანალიზებულია SCORM-ის სტანდარტები. ჩვენ მოვახდინეთ ყურადღების ფოკუსირება მხოლოდ კონტენტ აგრეგაციის წიგნზე. ეს გახლავთ პირველი წიგნი SCORM-ის სტანდარტებზე, რომელიც განმარტავს კონტენტის, შინაარსის მომზადების სტანდარტებსა და შესასწავლი ობიექტების გაერთიანებას. ჩვენ ვაჩვენებთ სასწავლო კონტენტის, შინაარსის მომზადების მეთოდებს SCORM-ის სტანდარტებთან შესაბამისობაში ღია წყაროს HTML რედაქტორის; eXe-ს მეშვეობით.

მესამე თავი არის ჩვენი ნაშრომის სანიმუშო, სამაგალითო თავი. ნაშრომის დანარჩენი ნაწილი კი მოქცეულია A დანართში. “ვექტორული ანალიზი არის ინჟინერიის ყველა დარგის საერთო თავი. იგი გულისხმობს ვექტორულ ალგებრასა და ვექტორულ ოპერატორებს, როგორცაა “გადახრის, დივერგენციის, ლაპლასის ოპერატორი, სპირალის და სხვ. ამ თავში ჩვენ



წარმოვადგენთ მაღალი დონის მათემატიკურ ოპერაციებში Maxima-ს ეფექტურ გამოყენებას “პრობლემის ამოხსნის მეთოდის” საფუძველზე მოცემულია ლაპლასის განტოლებების ანალიტიკური გადაწყვეტა ცილინდრულ და სფერულ კოორდინატებში. ხდება საკითხებთან დაკავშირებული გრაფიკების ილუსტრირება. განსაკუთრებით, დეტალურად გამოსახულია პროგრამირების მეთოდები 2D და 3D ვექტორული გამოსახულებებისა და პლოტირების რეზულტატური ვექტორების კოორდინატული ტრანსფორმაციისთვის.

**დანართი მოიცავს შემდეგ თავებს:**

- **ანალიტიკური გადაწყვეტა:** ჩვენ შევისწავლეთ ბაზისური ელექტროსტატიკის სუბიექტები, როგორცაა “კოლუმბის კანონი”, ელექტრული ველები, ელექტრონული პოტენციალი” Maxima-ს დახმარებით.
- **ორგანზომილებიანი ელექტროსტატიკა:** ჩვენ მოვახდინეთ ელექტროსტატიკაში გამოყენებული ამოხსნის მეთოდების ჩვენება Maxima-ს მეშვეობით “კომპლექსური ანალიზის მეთოდის” საშუალებით.
- **რიცხვითი ამოხსნები:** ჩვენ ჩავწერეთ ალგორითმები Maxima-ში სასრული დიფერენციალის მეთოდით პოიზონისა და ლაპლასის ფორმულების გამოთვლებისთვის. მოვახდინეთ გრაფიკების ილუსტრირება.

**ნაშრომის მოკლე მიმოხილვა:**

ქვემოთ წარმოდგენილია ნაშრომის მოკლე შინაარსი.

## 1 – ერთეული ვექტორი:

ერთეული ვექტორი არის მთავარი ვექტორის პარალელური ვექტორი, რომელსაც 1 ერთეული მაგნიტუდა გააჩნია.

ვექტორი გამოისახება მისი ერთეული ვექტორის საშუალებით. ზოგადად ვექტორი თავისი ერთეული ვექტორის მეშვეობით გამოისახება შემდეგნაირად:

$$\vec{E} = \vec{a}_n |E|$$

ერთეული ვექტორის პოვნა შეიძლება:

$$\vec{a}_n = \frac{\vec{E}}{|\vec{E}|} \quad |\vec{a}_n| = 1 \text{ and } \vec{a}_n // \vec{E}$$

1 მაგალითი: მოცემულია  $\vec{E} = (3i, 4j)$   $\vec{E}$ -ის პარალელური, ერთეული ვექტორია

$$\vec{a}_n = \frac{(3,4)}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = \left[ \frac{3}{5} i, \frac{4}{5} j \right]$$

ეს მოქმედება სრულდება Maxima-ში, როგორც ქვემოთაა ნაჩვენები:

```
(%i5) load(eigen);
(%o5) C:/PROGRA~1/MAXIMA~1.1/share/maxima/5.20.1/share/matrix/eigen.mac
(%i6) b:[3.0,4.0];
(%o6) [3.0,4.0]
(%i7) uvect(b);
rat: replaced 25.0 by 25/1 = 25.0
(%o7) [0.6,0.8]
```

დიაგრამა 1.ერთეული ვექტორი Maxima-ს მეშვეობით

## 2 – ვექტორების ტრანსფორმაცია

ზოგჯერ, ჩვენ ვეჯახებით Maxima-ს არასაკმარის მოქმედებას; ჩვენ ვაგსებთ მას "ჩვენი კოდებით". მაგალითად, ქვემოთ მოყვანილია, თუ როგორ გამოისახება ცილინდრული ვექტორი კარტეზიანულ კოორდინატებში:

```

(%i1) load(vect);
(%o1) C:/PROGRA~1/MAXIMA~1.1/share/maxima/5.22.1/share/vector/vect.mac
(%i2) declare([A,B,a,b],nonscalar);
(%o2) done
(%i3) foo:read("Enter cylindrical vector as Cyl:[C[r],C[theta],C[z]]");
Enter cylindrical vector as Cyl:[C[r],C[theta],C[z]] Cyl:[5.0,0.2,3.0];
(%o3) [5.0, 0.2, 3.0]
(%i4) A[x]:[Cyl[1]*cos(theta)-Cyl[2]*sin(theta)]*a[x];
(%o4) a_x [5.0 cos(theta)-0.2 sin(theta)]
(%i5) A[y]:[Cyl[1]*sin(theta)+Cyl[2]*cos(theta)]*a[y];
(%o5) a_y [5.0 sin(theta)+0.2 cos(theta)]
(%i6) A[z]:Cyl[3]*a[z];
(%o6) 3.0 a_z
(%i7) Acart:[A[x],A[y],A[z]];
(%o7) [a_x [5.0 cos(theta)-0.2 sin(theta)], a_y [5.0 sin(theta)+0.2 cos(theta)], 3.0 a_z]
(%i8) foo:read("Enter theta in radians as 'theta: (3.14 *n.0)' or (3.14/n.0)");
Enter theta in radians as 'theta: (3.14 *n.0)' or (3.14/n.0) theta:3.14/3.0;
(%o8) 1.046666666666667
(%i9) ev(Acart:[A[x],A[y],A[z]]);
(%o9) [a_x [2.32914647714256], a_y [4.428891135263363], 3.0 a_z]

```

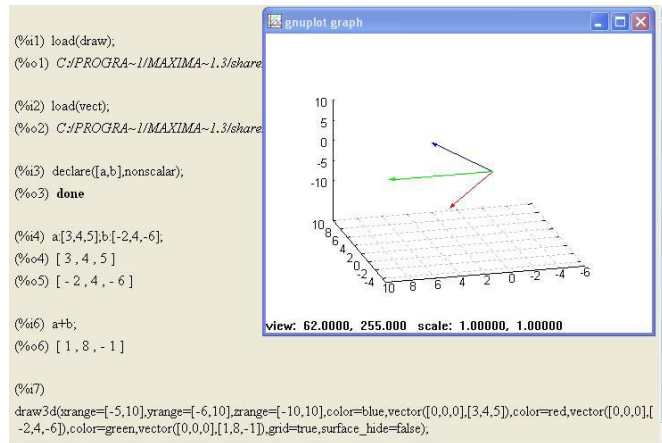
## დიაგრამა 2 ტრანსფორმაცია Maxima-ს საშუალებით

### 3 – ვექტორის პლოტირება

მესამეთავი იწყება “ვექტორული ანალიზით”, რომელიც წარმოადგენს საერთო თავს ფიზიკის სწავლებითვისინჟინერიის მეცნიერებაში. ამ თავში ნაკვლევია შემდეგი საკითხები:

- ვექტორული ალგებრის, ვექტორების დეფინიცია, მიმატება, გამოკლება, წერტილოვანი წარმოება, ვექტორული წარმოება, ვექტორების პლოტირება, ვექტორული ოპერატორები; ვექტორის დივერგენცია, გადახრა, სპირალი, ლაპლასის ოპერატორი.
- მოვახდინე მაქსველის, ლაპლასისა და პოიზონის განტოლებების დეტალური შესწავლა.
- ყოველივე ეს გამოკვლეულია კარტეზიანულ, სფერულ და ცილინდრულ კოორდინატებში. ილუსტრირებულია ერთი საკოორდინატო სისტემიდან სხვა სისტემაში ტრანსფორმაციის (გადაყვანის) ტექნიკები.
- მოცემულია Maxima-ში შემავალი სხვა კოორდინატთა სისტემების ჩამონათვალი და ნახვენებია მათი გამოყენების ახსნა, როგორცაა: კონფოკალური ფსოიდული, კონიკალური, ობლატესფეროიდული,

ელიფტიკცილინდრული და ა.შ. პლოტირების მაგალითები ქვემოთაა წარმოდგენილი:



დიაგრამა 3 რეზულტატური ვექტორის პლოტერი

4- მაქსველის განტოლებები კარტეზიანულ და სფერულ კოორდინატებში:

Maxwell's Equations in Various Coordinate Systems

```
--> load(vect);
--> load(vect_transform);
--> declare([E,B,D,J,H,Q], nonscalar);
--> assume(r>0, sin(theta)>0);
```

```
(%i7) express(curl(E)+'diff(B,t));
```

$$(\%o7) \left[ \frac{d}{dy} E_z - \frac{d}{dz} E_y, \frac{d}{dz} E_x - \frac{d}{dx} E_z, \frac{d}{dx} E_y - \frac{d}{dy} E_x \right] + \frac{d}{dt} [B_x, B_y, B_z]$$

```
(%i8) express(curl(H)-J-'diff(D,t));
```

$$(\%o8) \left[ \frac{d}{dy} H_z - \frac{d}{dz} H_y - J_x, -\frac{d}{dx} H_z - J_y + \frac{d}{dz} H_x, -J_z + \frac{d}{dx} H_y - \frac{d}{dy} H_x \right] - \frac{d}{dt} [D_x, D_y, D_z]$$

```
(%i9) express(curl(D)-rho);
```

$$(\%o9) \left[ \frac{d}{dy} D_z - \frac{d}{dz} D_y - \rho, -\frac{d}{dx} D_z + \frac{d}{dz} D_x - \rho, \frac{d}{dx} D_y - \frac{d}{dy} D_x - \rho \right]$$

```
(%i10) express(grad(B));
```

$$(\%o10) \left[ \frac{d}{dx} [B_x, B_y, B_z], \frac{d}{dy} [B_x, B_y, B_z], \frac{d}{dz} [B_x, B_y, B_z] \right]$$

```

Spherical Coordinates
(*i11) express(curl(E)+'diff(B,t),spherical);
      d      d      d      d      d      d
      d(E_phi r sin(theta))-d(r E_theta)  d E_r -d(E_phi r sin(theta))  d(r E_theta)-d E_r
      d theta      d phi      d phi      d r      d r      d theta      d theta
      [-----,-----,-----] + d/dt [E_r, E_theta, E_phi]
      r^2 sin(theta)      r sin(theta)      r

(*i12) express(curl(H)-j-'diff(D,t));
      d      d      d      d      d      d
      d(H_phi r sin(theta))-d(r H_theta)  d H_r -d(H_phi r sin(theta))  d(r H_theta)-d H_r
      d theta      d phi      d phi      d r      d r      d theta      d theta
      [----- - j,----- - j,----- - j] -
      r^2 sin(theta)      r sin(theta)      r

      d
      d t [D_r, D_theta, D_phi]

(*i13) express(curl(D)-rho);
      d      d      d      d      d      d
      d(D_phi r sin(theta))-d(r D_theta)  d D_r -d(D_phi r sin(theta))  d(r D_theta)-d D_r
      d theta      d phi      d phi      d r      d r      d theta      d theta
      [----- - rho,----- - rho,----- - rho]
      r^2 sin(theta)      r sin(theta)      r

(*i14) express(grad(B));
      d      d      d      d
      d [E_r, E_theta, E_phi], d [E_r, E_theta, E_phi]
      d r      d theta      d phi
      [-----,-----,-----]
      r      r sin(theta)

```

#### დიაგრამა 4 მაქსველის განტოლებები

ელექტროსტატიკა ანალიტიკური მეთოდებით:

ამ თავში წარმოვადგენთ ელექტროსტატიკის ანალიტიკურ მეთოდებს და მაგალითების ამოხსნას Maxima-ს მეშვეობით. ასე მაგალითად:

სავარჯიშო: იპოვეთ ლაპლასის განტოლების ამოხსნა ერთი ცვლადით

$\frac{d^2V}{dx^2} = 0$ . შემდეგ იპოვეთ  $E = -grad V$  გამოსახულება. აიღეთ საზღვრითი პირობები  $x=0, V=0$ , and  $x=1, V=1$ .

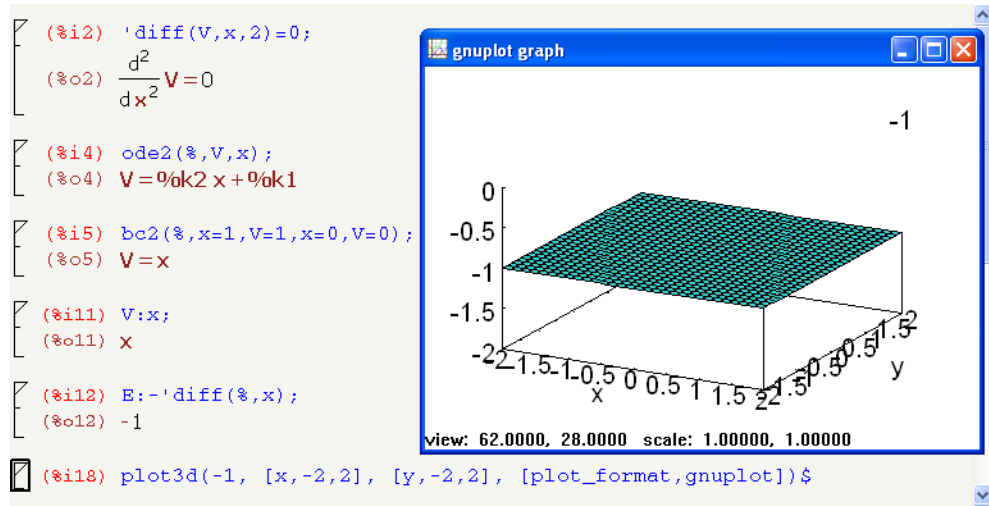
ამოხსნა:  $\frac{d^2V}{dx^2} = 0$  ტოლობის შესაბამისად ამოხსნა შემდეგნაირად გამოიყურება:

$$V = K_1 + K_2x$$

$K_1$  და  $K_2$  ნაპოვნია სასრული მნიშვნელობებიდან (for  $x=0, V=0, K_1=0$  and for  $x=1, V=1, K_2=1$ ) შემდეგ ვიღებთ გამოსახულებას  $V=x$ . ელექტრული ველი მიიღება  $E=-gradV$ -დან, როგორც

$$E = -\frac{dV}{dx} = -1$$

ამოხსნა Maxima-ით



დიაგრამა 5 ლაპლასის განტოლების ამოხსნები 1D-ში

6- ამ სექციაში, საკუთრივ, რაოდენობრივი მეთოდი სრული დიფერენციალის მეთოდი შეისწავლება. რაოდენობრივი მეთოდები ლაპლასისა და პოიზონის ტოლობებისთვის ჩაწერილია Maxima-ს კოდებში როგორც “ორიგინალური ნაშრომი”.

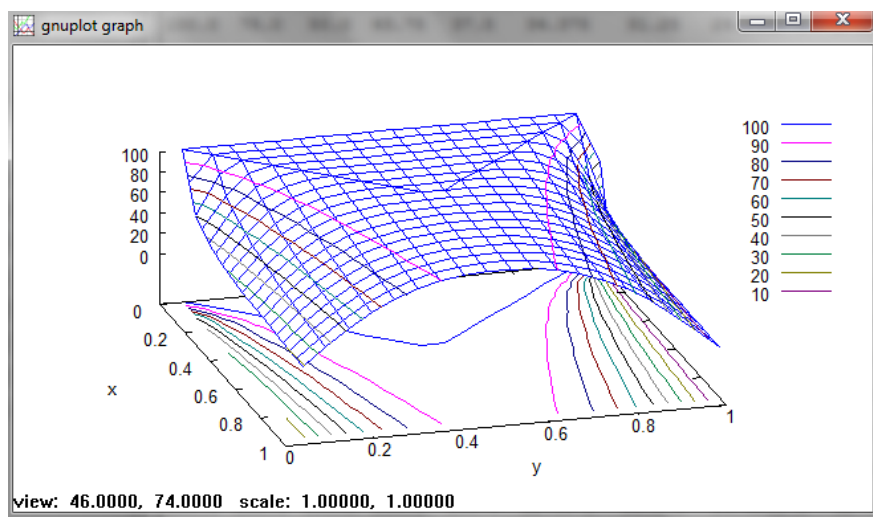
## მაგალითი:

```

(N11) declare([c,iend,jend,fini],constant);
(N01) done
(N12) r1:0.5:iend:20.0;jend:20.0;fini:100.0;
(N02) 0.5
(N03) 20.0
(N04) 20
(N05) 100.0
(N16) for j:1.0 thru jend do for i:1.0 thru iend do f[i,j]:fini;
(N06) done
(N17) for j:1.0 thru jend do f[1.0,j]:0.0;
(N07) done
(N18) for i:iend thru iend do for j:1.0 thru jend do f[iend,j]:0.0;
(N08) done
(N19) f[1.0,1.0]:fini/2.0;f[iend,1.0]:fini/2.0;
(N09) 50.0
(N10) 50.0
(N11) f[i,j]:for j:1.0 thru jend-1.0 do for i:2.0 thru iend-1.0 do (f[i,j+1.0]:r*(f[i+1.0,j]+f[i-1.0,j])+(1-2*r)*f[i,j]);
(N11) done
(N12) done
(N13) load(draw);
(N01) c:/PROGRAM-1/MAXIMA-1.1/share/maxima/5.22.1/share/draw/draw.lisp
(N13) Mapply(matrix,makelist(f[i,j],j,1.0,19.0),i,1.0,19.0));
(N013)
10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
100.0 75.0 50.0 43.75 37.5 34.375 31.25 29.286075 27.34375 25.9765625 24.609375 23.55890625 22.55890625 21.7520296875 20.947265625 20.292466357421875 19.6380615239375 19.092559814653125 18.54686737040625
100.0 100.0 87.5 75.0 68.75 62.5 58.59375 54.4875 51.955125 49.21875 47.14796875 45.1171875 43.505559375 41.89453125 40.5853271484375 39.274123046875 38.18511940280625 37.09373474121094 36.1460003462109
100.0 100.0 100.0 83.75 77.5 82.8125 78.125 74.609375 71.09375 68.359375 65.425 63.427734375 61.23046875 59.417724609375 57.40498046875 56.0773786839375 54.8494078889438 53.2394005179875 51.927180589937
100.0 100.0 100.0 100.0 96.875 93.75 90.625 87.5 84.765625 82.03125 79.4875 77.38975 75.3205890625 73.3154296875 71.56982421875 69.82249287109375 68.29374220703125 66.74063337597656 65.4000363769531
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 98.4975 96.875 94.921875 92.96875 91.031625 89.0625 87.2324653125 85.400390625 83.721923828125 82.0404052734375 80.30994872046875 78.971864278296875 77.87261332925 76.1612684821395
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.21875 98.4375 97.265625 96.09375 94.77590625 93.45703125 92.1142378125 90.74380859375 89.4500732421875 88.12103271484375 86.85150146684375 85.5621337890625 84.3421936035156
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.609375 99.21875 98.55515625 97.8515625 96.9970703125 96.13007109375 95.178222465625 94.20164015625 93.18305419921875 92.15240478515625 91.11175537109375 90.0360107421875
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.8046875 99.609375 99.21875 98.8037109375 98.2421875 97.637939453125 96.93603515625 96.18377685546875 95.37200927734375 94.5088874953125 93.61572465625
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.90234375 99.73889375 99.6473046875 99.1458078125 98.63954748425 98.1488933846875 97.88096433346875 96.847370403646875 96.11948994140625 95.314788813393
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.00284375 98.78889375 98.4979046875 99.1464078125 98.65864748425 98.1468938846875 97.88096433346875 96.847370403646875 96.11948994140625 95.314788813393
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.8046875 99.609375 99.21875 98.8037109375 98.2421875 97.637939453125 96.93603515625 96.18377685546875 95.37200927734375 94.5088874953125 93.61572465625
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.609375 99.21875 98.55515625 97.8515625 96.9970703125 96.13007109375 95.178222465625 94.20164015625 93.18305419921875 92.15240478515625 91.11175537109375 90.0360107421875
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.21875 98.4375 97.265625 96.09375 94.77590625 93.45703125 92.1142378125 90.74380859375 89.4500732421875 88.12103271484375 86.85150146684375 85.5621337890625 84.3421936035156
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.4375 96.875 94.921875 92.96875 91.031625 89.0625 87.2324653125 85.400390625 83.721923828125 82.0404052734375 80.30994872046875 78.971864278296875 77.87261332925 76.1612684821395
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 96.875 93.75 90.625 87.5 84.765625 82.03125 79.4875 77.38975 75.3205890625 73.3154296875 71.56982421875 69.82249287109375 68.29374220703125 66.74063337597656 65.4000363769531
100.0 100.0 100.0 83.75 77.5 82.8125 78.125 74.609375 71.09375 68.359375 65.425 63.427734375 61.23046875 59.417724609375 57.40498046875 56.0773786839375 54.8494078889438 53.2394005179875 51.927180589937
100.0 100.0 75.0 68.75 62.5 58.59375 54.4875 51.955125 49.21875 47.14796875 45.1171875 43.505559375 41.89453125 40.5853271484375 39.274123046875 38.18511940280625 37.09373474121094 36.1460003462109
100.0 75.0 50.0 43.75 37.5 34.375 31.25 29.286075 27.34375 25.9765625 24.609375 23.55890625 22.55890625 21.7520296875 20.947265625 20.292466357421875 19.6380615239375 19.092559814653125 18.54686737040625
(N14) draw3d(contour_levels = [10,20,30,40,50,60,70,80,90,100],
contour = both,color = blue,elevation_grid(M,0,0,1,1),xlabel = "x",ylabel = "y",surface_hide = true);
(N014) [grid@elevation_grid]
(N15) im: apply(matrix,makelist(makelist(f[i,j],j,1.0,19.0),i,1.0,19.0))$
(N16) draw2d(palettegray,image(im,0,0,100,100))$
(N17) kill(all);
(N0) done

```

## ამოხსნისდროს მიღება გრაფიკი:

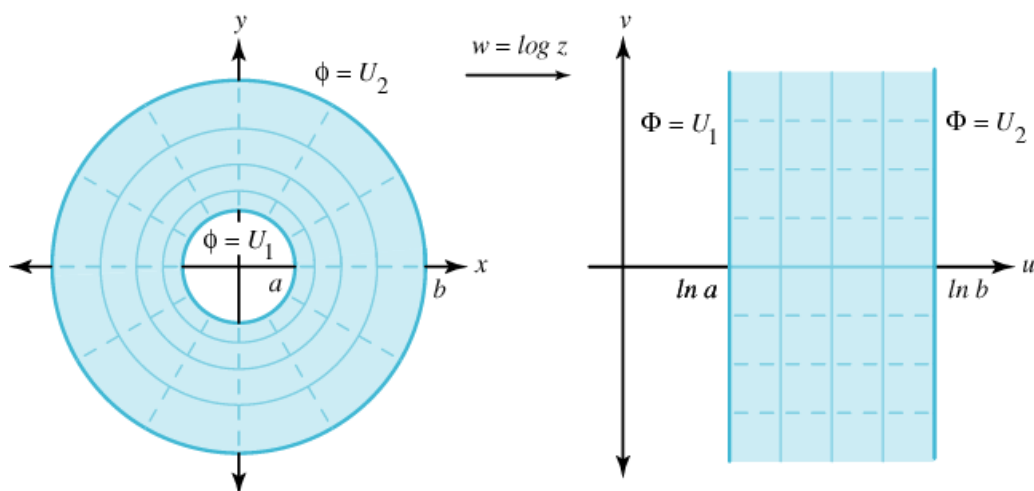


დიაგრამა 6 ლაპლასის განტოლების რაოდენობრივი გადაწყვეტა 3D-ში

7- ორგანზომილებიანი ელექტროსტატიკა; კომპლექსური ანალიზი:

ამ თავში ჩვენ წარმოვადგენთ გამოთვლებს, რომლებიც გამოიყენება ორგანზომილებიან ელექტროსტატიკაში კომპლექსური ანალიზის მეთოდით. მაგალითები ამოხსნილია Maxima-ს საშუალებით.

მაგალითი: იპოვეთ ელექტრული პოტენციალი  $\phi(x, y)$  ორი საწყისი კოაქსალურ ცილინდრს  $r=a$  და  $r=b$  შორის რეგიონში (თუ არეში), რომელსაც შესაბამისად გააჩნია  $U_1$  და  $U_2$  პოტენციალები და ნაჩვენებია მრუდები.



დიაგრამა 7

ამოხსნა: ტრანსფორმაცია  $w = u + iv = \log(z) = \log(x + iy)$  საზავს ანულირებულ რეგიონს (თუ არეს) წრეებს შორის  $r=a$  და  $r=b$  საწყის მონაკვეთზე  $a < u < \ln b$   $w$  სიბრტყეში, როგორც ნაჩვენებია დიაგრამაში 4.2. პოტენციალი  $\Phi(u, v)$  საწყის მონაკვეთში იძენს შემოსაზღვრულ მნიშვნელობებს

$$\Phi(\ln a, v) = u_1 \text{ and } \Phi(\ln b, v) = u_2 \text{ for all } v$$

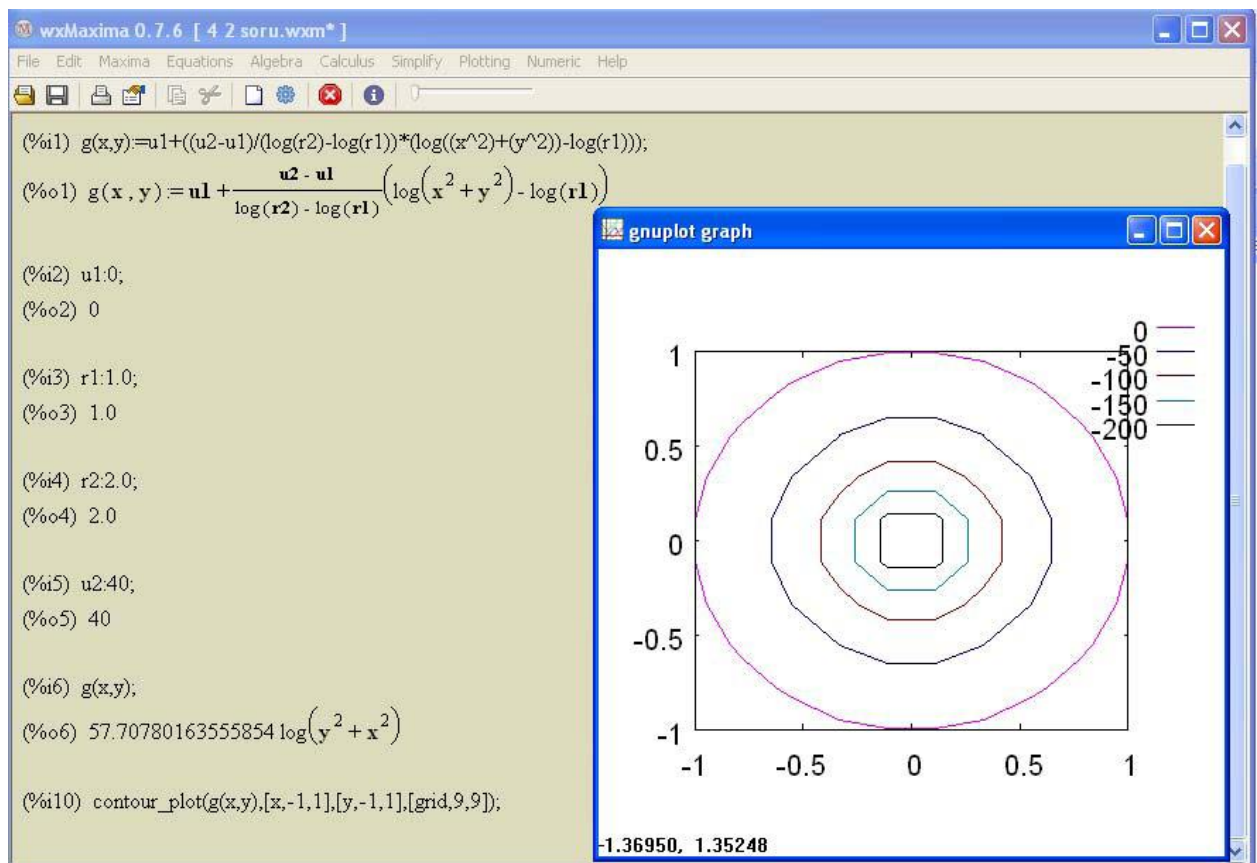
ელექტრული პოტენციალი შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად

$$\Phi(u, v) = u_1 + \frac{u_2 - u_1}{\ln a - \ln b} (\ln(z) - \ln a)$$



თანაბარპოტენციალური მრუდები  $\Phi(x, y) =$  მუდმივასარიან კონცენტრირებული წრეები რეგიონის ცენტრში. ფლუქსიის (წარმოებულის) ხაზები არიან სათავიდან გამომავალი სხივების წილები. თუ  $u_2 < u_1$ , მაშინ ამოხსნა ილუსტრირებულია დიაგრამაში 7.

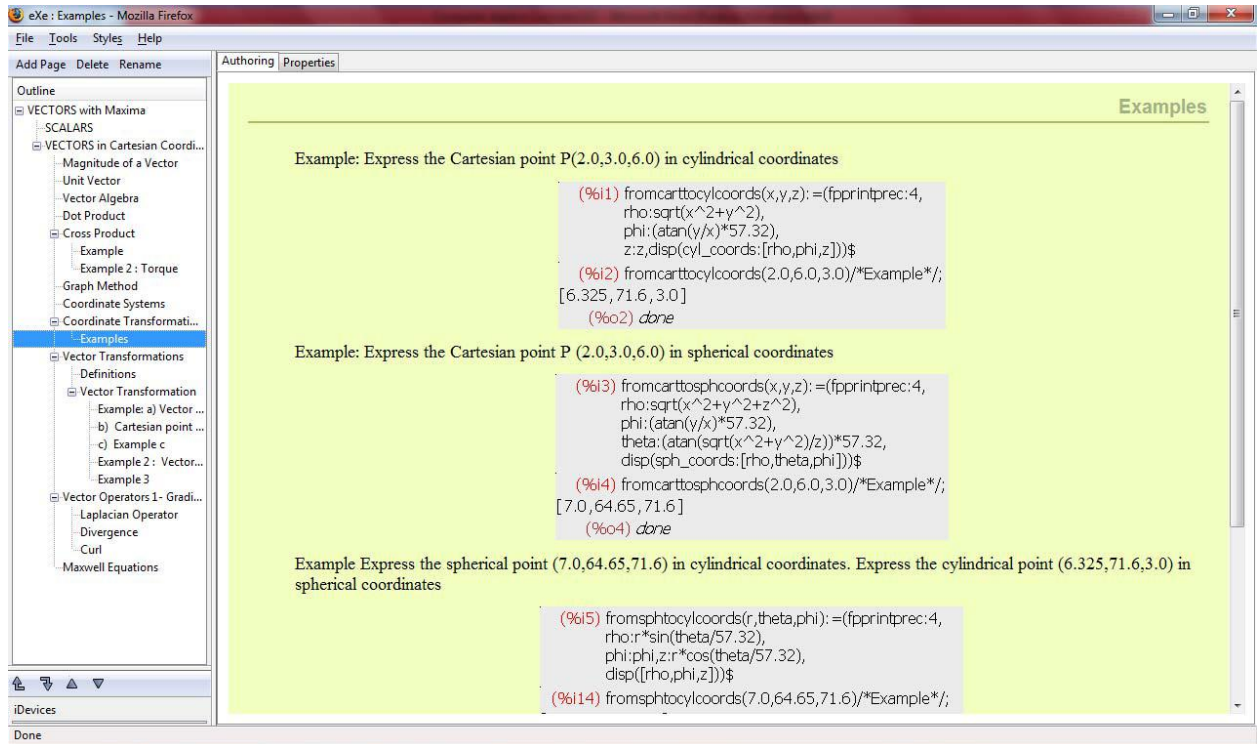
თანაბარპოტენციალური მრუდების პლოტირება შეიძლება Maxima-ს მეშვეობით, როგორც ქვემოთაა ნაჩვენები:



დიაგრამა. 8 თანაბარპოტენციალური ხაზები

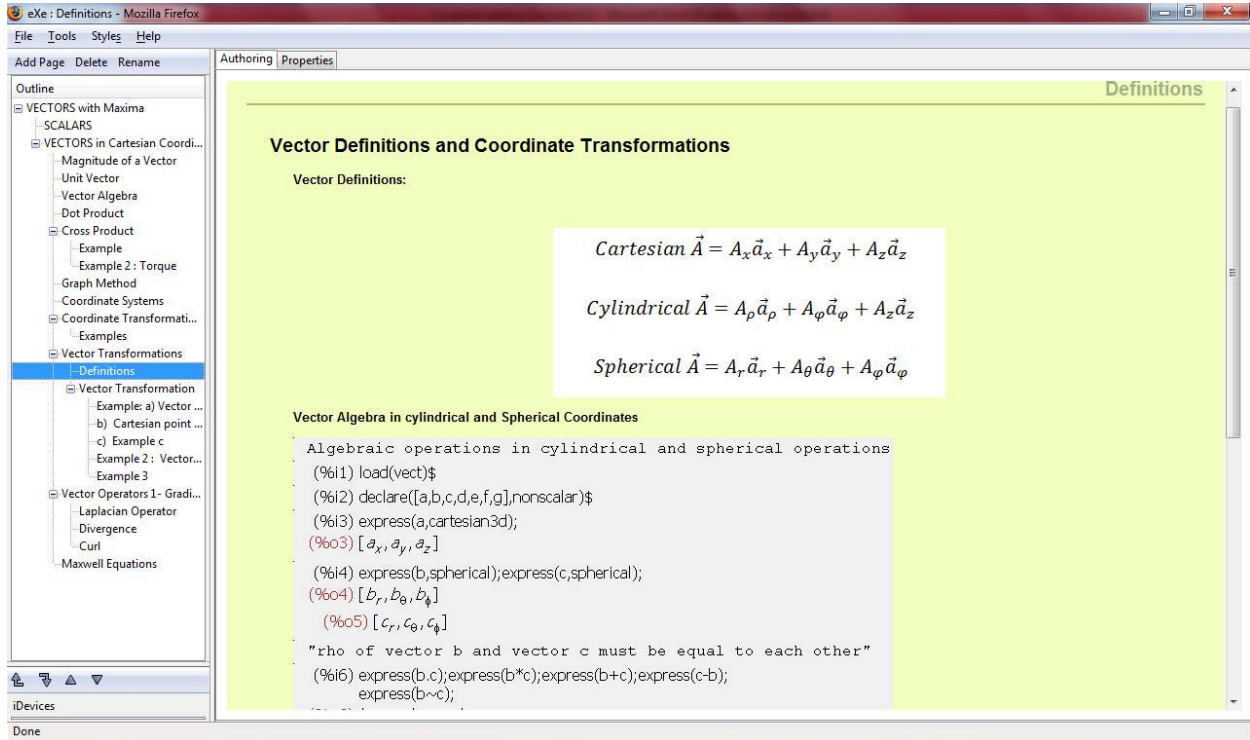
## 8- კონტენტის შესრულება eXe გარემოში

მესამე თავში ვექტორული ანალიზი Maxima-თი eXe გარემოში სრულდება, როგორც ქვემოთაა ნაჩვენები:

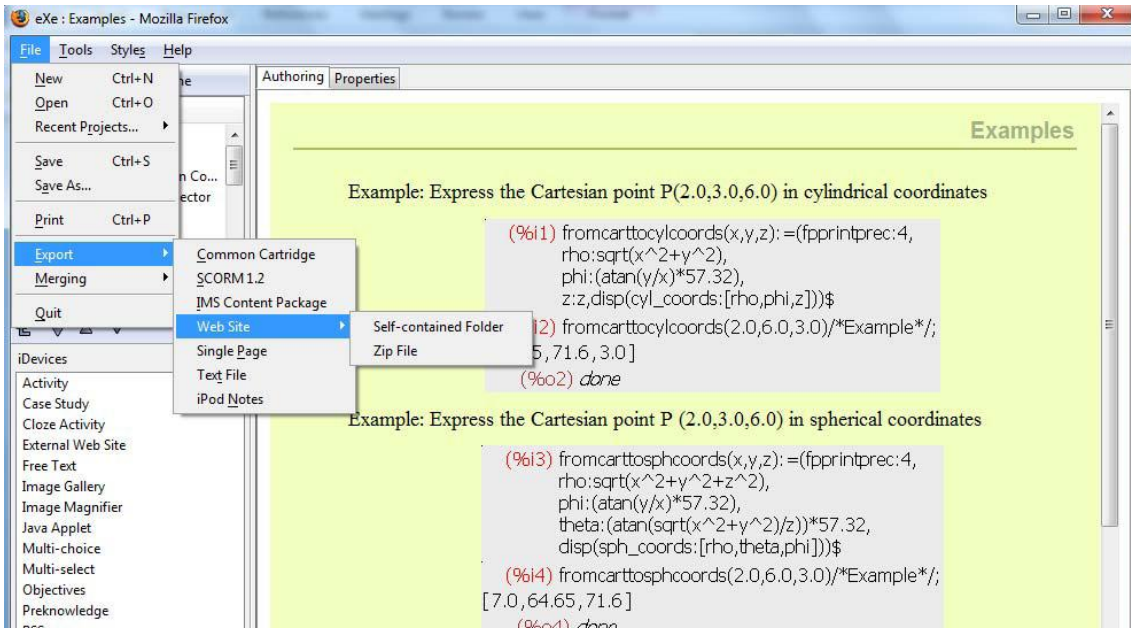


## დიაგრამა 9.eXe აპლიკაცია

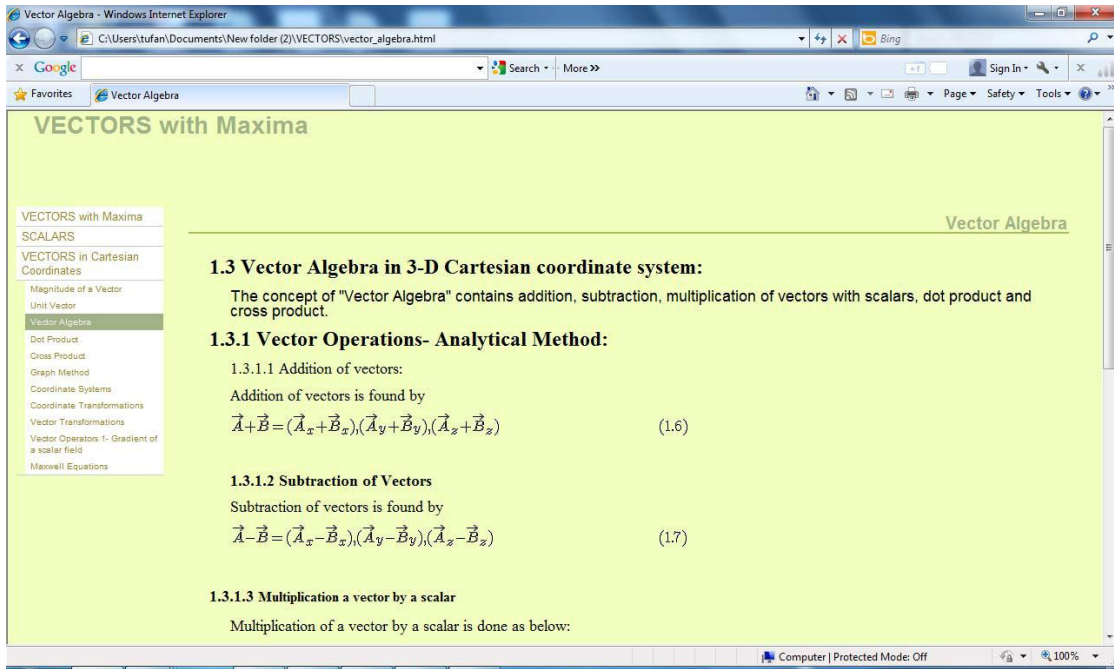
## 9- SCORM-ის შესაბამისი კონტენტის მომზადება eXe-ს საშუალებით



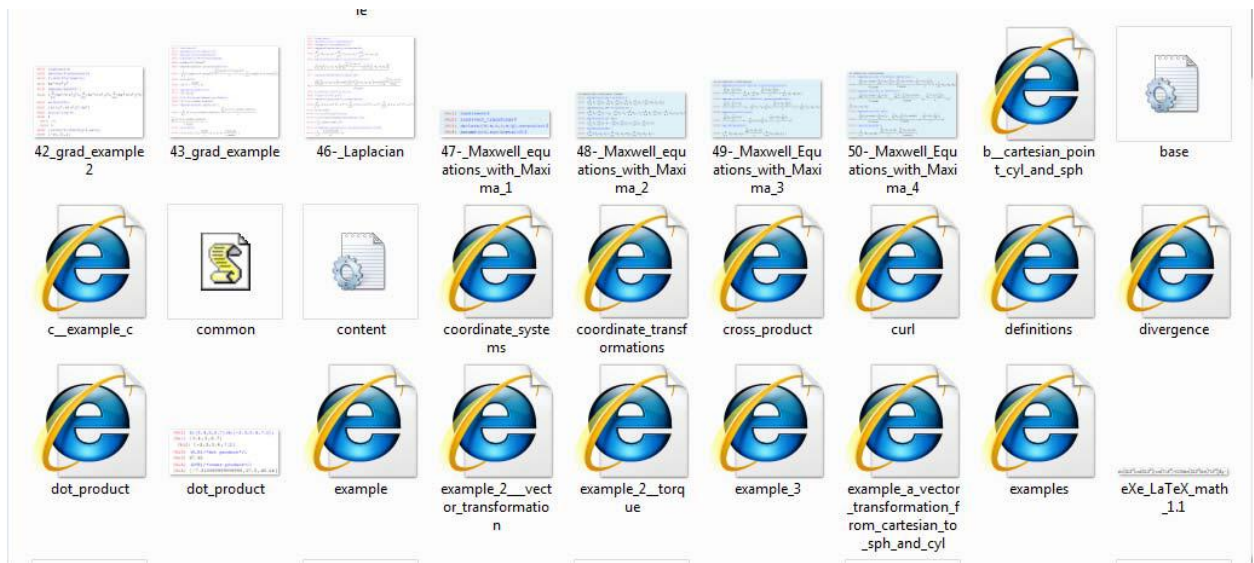
დიაგრამა 10. eXe აპლიკაცია – 2



დიაგრამა 11. eXe-ს აპლიკაციის შინაარსის ექსპორტირება როგორც SCORM-ის შესაბამისი Web გვერდისა



დიაგრამა 12 ვექტორების Web გვერდის eXe აპლიკაცია Maxima-ს მეშვეობით



დიაგრამა 13 eXe აპლიკაცია: ვექტორების Web გვერდის შინაარსი Maxima-ს მეშვეობით

### დასკვნა

ჩვენი ნაშრომი წარმოადგენს პროტოტიპულ გამოკვლევას ღია წყარო CAS-ის საშუალებით; **Maxima**, ელექტროსტატიკაში. ეს ნაშრომია “**Maxima**-ს დახმარებით პრობლემების გადაწყვეტის იარაღი”. ნებისმიერ მომხმარებელს შეუძლია ამ იარაღის გამოყენება თავისი კვლევის ჩატარებისას სხვადასხვა საჭირო წიგნისაგან დამოუკიდებლად. თეორიების პრეზენტაცია დაწვრილებით არ არის წარმოდგენილი. თითოეული მასწავლებელი იყენებს სხვადასხვა შესაბამისლიტერატურას. თუმცა ისინი ასწავლიან ერთსა და იმავე კონცეფტებს და თითქმის მსგავს მაგალითებს იშველიებენ. ჩვენ ვაჩვენებთ მხოლოდ “სავარჯიშოების ამოხსნები” სხვადასხვა მეთოდის საშუალებით, როგორცაა ანალიტიკური, რაოდენობრივი მეთოდები **Maxima**-ს გამოყენებით. ამ გზით, ჩვენ გამიზნული ვეაქვს ბევრი მომხმარებლის ინტერესის მიპყრობა. ამ ასპექტის გათვალისწინებით, ელექტროსტატიკის მათემატიკური ნაწილები ერთად მოქცეულია. სავარჯიშოები, რომლებსაც ჩვენ ვიყენებთ მთელი კვლევის განმავლობაში, ამოღებულია სხვადასხვა კურსის წიგნებიდან. ჩვენ შევეცადეთ მათი მეშვეობით იგივე შედეგების

მიღწევას. Maxima-ს საშუალებით მიღებული ზოგიერთი სიმბოლური შედეგი უზარმაზარი სახისაა. ჩვენ შეცვეცადეთ ასეთი უსიამოვნო შედეგები სასიამოვნოდ გვექცია დამატებითი ბრძანებების დახმარებით, როგორცაა მარტივი გარდაქმნები. კვლევაში შეზღუდულია Maxima-ს დამოყენება ვექტორულ ანალიზსა და ელექტროსტატიკის თავში ელექტრომაგნეზმის შესახებ. ვექტორული ანალიზი, რომელიც ინჟინერიის მეცნიერებისთვის საერთო ნაწილს წარმოადგენს, ჩართულია კვლევაში ცალკე თავად სხვა დარგის ინჟინერთა ინტერესის მოზიდვისადა გადვიფების მიზნით.

ნაშრომი შემოთავაზებულია როგორც უფასო CAS; **Maxima** განკუთვნილია ყველასთვის, ვისაცარ სურს რაიმე საფასურის გადახდა. **Maxima** არის “კარგი” ალტერნატივა განვითარებადი ქვეყნებისთვის თავიანთი საგანმანათლებლო პროცესის რესტრუქტურისა და ასპირანტურის, მაგისტრატურისა და ბაკალავრიატის საფეხურებზე. ჩვენ მოვამზადეთ, აღნიშნული ნაშრომი უმაღლეს სკოლებსა და უნივერსიტეტებში ფიზიკის 18 წლიანი სწავლების გამოცდილების საფუძველზე. მოცემული ნაშრომი წარმოადგენს სანიმუშო კვლევას, რაც ინსტრუქტირებისა და მასწავლებლებისთვის წახალისება იქნება თავიანთ ლექციებზე **Maxima**-ს (ან სხვა CAS) გამოყენების მიმართულებით, ნაშრომი გამოყენებადი ინჟინერიის ფაკულტეტების ელექტრიმანეტიზმის კურსებში. შესაძლებელია ნაშრომის უფრო გაფართოება და გავრცობა **Maxima**-ს საშუალებით ელექტრომაგნეტიზმის სხვა თავების კვლევის შედეგად. კონტენტის, შინაარსის დიზაინი აგებულია CSORM-ის სტანდარტებთან შესაბამისობაში, რომლის გაცვლა და გამოყენება ხელმისაწვდომია ინტერნეტითა და უნივერსიტეტების ლოკალურ ქსელებში Web კლიენტებისათვის.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულ ნაშრომთა სია

- Sirin T., Ari N., 2009, *Symbolic Computation Techniques for Antenna Analysis*, Jahresbericht aF&E 2009, HOCHSCHULE FUR TECHNIK ZURICH p.33,
- Sirin T., Ari N., 2009, *Symbolic Computation Techniques for Rectangular Waveguides*, Jahresbericht aF&E 2009, HOCHSCHULE FUR TECHNIK ZURICH p.38,
- Sirin T. 2010; *Finite Difference Method Approximations in 2-D Electrostatics*, 7<sup>th</sup> International Conference on Electronics and Computer Engineering, November 1-2, Bishkek, Kyrgyzstan, p 77,82.
- Sirin T. 2010, *Symbolic Computation of Second Order Differential Equations with Finite Difference Method with Maxima*, 7<sup>th</sup> International Conference on Electronics and Computer Engineering, November 1-2, Bishkek, Kyrgyzstan , p.82-86.
- Sirin T., Babak V.F. 2011, *Programming with Maxima*, Conference of Information Technologies in Education Status, Problems and Perspectives 1-2 July, p 22-26.
- Sirin, T, 2012 , *Guide to Physics* , Course book, IAAU New Technologies Faculty Publications No:1.
- Sirin, T.; *Symbolic Computation Techniques for Two Dimensional Electrostatics with Maxima*, ( would be published in IBSU Scientific Journal, November , 2012)