

ფიზიკის მასწავლებელთა ტექნოლოგიური კომპეტენციები

ანა მგელაძე

*სადისერტაციო ნაშრომი წარდგენილია ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ბიზნესის, ტექნოლოგიისა და განათლების ფაკულტეტზე განათლების მეცნიერების
დოქტორის აკადემიური ხარისხის მინიჭების მოთხოვნების შესაბამისად*

განათლების სადოქტორო პროგრამა

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: მარიკა კაპანაძე, პროფესორი

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი

თბილისი, 2025

განაცხადი

„როგორც წარდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის ავტორი, ვაცხადებ, რომ ნაშრომი წარმოადგენს ჩემს ორიგინალურ ნამუშევარს და არ შეიცავს სხვა ავტორების მიერ აქამდე გამოქვეყნებულ, გამოსაქვეყნებლად მიღებულ ან დასაცავად წარდგენილ მასალებს, რომლებიც ნაშრომში არ არის მოხსენიებული ან ციტირებული სათანადო წესების შესაბამისად“.

ანა მგელაძე



21.05.2025

კვლევა (PHDF-24-907) განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით.

This research (PHDF-24-907) has been supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG).

აბსტრაქტი

მოცემული ნაშრომი იკვლევს TPACK (Technological Pedagogical And Content Knowledge) მოდელისა და თანამშრომლობითი სწავლების დანერგვით ფიზიკის მასწავლებლების ტექნოლოგიური უნარების გაუმჯობესების გზებს. TPACK არის ჩარჩო, რომელიც განსაზღვრავს პედაგოგებისთვის საჭირო ცოდნას ტექნოლოგიების საგაკვეთილო პროცესში წარმატებით ინტეგრირებისთვის. კვლევამ აჩვენა, რომ TPACK ჩარჩოს გამოყენებით შესაძლებელია კოლაბორაციული, გუნდურ მუშაობაზე დაფუძნებული სწავლება, რომელიც სასწავლო პროცესში ტექნოლოგიების ეფექტურ გამოყენებას უწყობს ხელს. ნაშრომში დიზაინზე დაფუძნებული კვლევის მეთოდი წარმოდგენილია ერთწლიანი სატრენინგო პროგრამის მაგალითზე, რომელიც ფიზიკის გაკვეთილებზე მობილური აპლიკაციების ინტეგრირებას, პედაგოგების ტექნოლოგიური უნარების გაუმჯობესებასა და ეფექტური თანამშრომლობითი სწავლების წახალისებას გულისხმობს.

სატრენინგო მოდულის მიმდინარეობისას ფიზიკის მასწავლებლებთან ჩატარდა სამუშაო შეხვედრები, რათა ისინი გასცნობოდნენ ფიზიკის სწავლებისას გამოსადეგ სხვადასხვა მობილურ აპლიკაციას და მათი გამოყენების შესაძლებლობებს. სატრენინგო სესიები მოიცავდა პრაქტიკულ აქტივობებს, კოლაბორაციულ პროექტებსა და მუდმივ უკუკავშირს ახალი ტექნოლოგიების ეფექტური დანერგვისთვის. შედეგები აჩვენებს, რომ მასწავლებლებმა მნიშვნელოვნად გაიუმჯობესეს ტექნოლოგიური უნარები და მობილური აპლიკაციების გამოყენებისას თავდაჯერებული გახდნენ. უფრო მეტიც, სატრენინგო მოდულის კოლაბორაციულმა ხასიათმა მასწავლებლებს შორის პროფესიული საზოგადოების ჩამოყალიბებას შეუწყო ხელი, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია მათი განვითარებისთვის.

სადისერტაციო ნაშრომზე მუშაობისას ნათელი გახდა, რომ TPACK ჩარჩოზე დაფუძნებული სწავლების პრაქტიკა ხელს უწყობს მოსწავლეების მოტივაციის ზრდას, მათი კრიტიკული აზროვნების უნარების განვითარებას და აკადემიური

მაჩვენებლების გაუმჯობესებას. კვლევამ აჩვენა, რომ TPACK-ის წარმატებული დანერგვა დამოკიდებულია რამდენიმე კრიტიკულ ფაქტორზე, მათ შორის: მასწავლებლებისთვის მუდმივი პროფესიული განვითარების შესაძლებლობებზე, საჭირო ტექნოლოგიური რესურსების ხელმისაწვდომობაზე და ასევე თავად სკოლის მხრიდან მხარდაჭერაზე. აღნიშნულ მიგნებებს ადასტურებს რაოდენობრივი კვლევა, რომელიც TPACK კითხვარის გამოყენებით განხორციელდა. კითხვარში მონაწილეობა საქართველოს ფიზიკის მასწავლებელთა ასოციაციაში გაწევრიანებულმა პედაგოგებმა მიიღეს. შესაბამისი კრიტერიუმებით შემოწმდა მიღებული მონაცემების სანდოობა და გამოვლინდა ოთხი ფაქტორი, რომლებიც განსხვავდება სხვა ქვეყნების კვლევებისგან.

კვლევის შედეგები ხაზს უსვამს TPACK ჩარჩოს ტრანსფორმაციულ პოტენციალს ფიზიკის სწავლებისას - ტექნოლოგიის ინტეგრირება და კოლაბორაციული მიდგომები მასწავლებლებს საშუალებას აძლევს, წარმართონ უფრო საინტერესო და ეფექტური სასწავლო პროცესი. მიღებული მიგნებები ადასტურებს, რომ შესაბამისი მხარდაჭერისა და რესურსების დახმარებით მასწავლებლები წარმატებით ახორციელებენ ტექნოლოგიის ინტეგრირებას, რაც სწავლების შედეგებზე დადებითად აისახება.

ძირითადი საძიებო სიტყვები: TPACK ჩარჩო, ფიზიკის სწავლება, კოლაბორაციული სწავლება, მობილური აპლიკაციები, მასწავლებელთა პროფესიული განვითარება.

Abstract

This dissertation examines the implementation of the TPACK framework and collaborative learning as a means to enhance physics teachers' technological competencies. TPACK provides a structured approach to understanding the knowledge educators require for the effective integration of technology into their teaching practices. The findings demonstrate that leveraging the TPACK framework facilitates collaborative, team-based learning, thereby fostering the effective use of technology in the instructional process.

The study employs a design-based research methodology within a year-long training program aimed at incorporating mobile applications into physics instruction, enhancing teachers' technological proficiency, and promoting collaborative learning. Throughout the training module, physics educators participated in workshops designed to acquaint them with various mobile applications and their pedagogical applications in physics education. These training sessions encompassed hands-on activities, collaborative projects, and continuous feedback mechanisms to ensure the successful adoption of new technologies. The results indicate a significant improvement in teachers' technological competencies, as well as increased confidence in employing mobile applications in their instruction. Furthermore, the collaborative nature of the training program contributed to the formation of a professional learning community among educators, a critical factor in their ongoing professional development.

The dissertation further reveals that instructional strategies grounded in the TPACK framework contribute to increased student engagement, the development of critical thinking skills, and enhanced academic performance. The study identifies several key determinants of successful TPACK implementation, including sustained professional development opportunities for teachers, accessibility of requisite technological resources, and institutional support from schools. These insights were substantiated through quantitative research utilizing a TPACK questionnaire administered to members of the Georgian Association of

Physics Teachers. The collected data underwent reliability assessment based on predefined criteria, revealing four distinct factors that set this study apart from similar research conducted in other national contexts.

The research findings underscore the transformative potential of the TPACK framework in physics education, demonstrating that technology integration and collaborative pedagogical approaches empower educators to create more engaging and effective learning environments. The results affirm that, with adequate support and resources, teachers can successfully integrate technology, yielding positive outcomes for student learning.

Key Words: TPACK Framework, Physics Education, Collaborative Teaching, Mobile Applications, Teacher Training.

მადლობა

განსაკუთრებული მადლობა მინდა გადავუხადო ჩემს სამეცნიერო ხელმძღვანელს, პროფესორ მარიკა კაპანაძეს, ნაშრომის მომზადების პროცესში მხარდაჭერისთვის. მისი პროფესიული და მორალური დახმარების გარეშე ნაშრომის დასრულება შეუძლებელი იქნებოდა. ქალბატონი მარიკას მაღალი პროფესიონალიზმის დახმარებით შესაძლებლობა მომეცა, მონაწილეობა მიმეღო როგორც ადგილობრივ, ასევე საერთაშორისო ღონისძიებებში. სწორედ მისი მხარდაჭერის შედეგად შევძელი სამეცნიერო პუბლიკაციების გამოქვეყნება.

მადლობა ეკუთვნის ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის პროფესორს, ბატონ ანდრია როგავას, რომელიც გახლდათ ჩემი საბაკალავრო (2011-2015 წლები) და სამაგისტრო (2015-2017 წლები) ნაშრომების სამეცნიერო ხელმძღვანელი ფიზიკის დარგში. ბატონი ანდრიას გულისხმიერი რჩევები საფუძვლად უდევს ჩემს პროფესიულ განვითარებას.

მადლობას ვუხდის ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის განათლების სკოლის აკადემიურ პერსონალს, რომ მომეცა შესაძლებლობა, მემუშავა ჩემთვის საინტერესო კვლევით საკითხებზე. მათი მხარდაჭერა და სადოქტორო კოლოკვიუმების ფარგლებში მიღებული უკუკავშირი უმნიშვნელოვანესი იყო ჩემი კვლევის განვითარებისთვის. გარდა ამისა, ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტს ვუხდის განსაკუთრებულ მადლობას, იმისთვის, რომ შეირჩა ჩემი სადოქტორო კვლევა შიდა ინსტიტუციური გრანტის ფარგლებში და სწორედ ამ გრანტის საშუალებით გამოქვეყნდა ჩემი პირველი სამეცნიერო პუბლიკაცია.

მადლობა ეკუთვნის შოთა რუსთაველის სახელობის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს, რომელმაც დაფინანსებისთვის შეარჩია ჩემი სადოქტორო კვლევა (2024-2025 წლები). აღნიშნულის გარეშე გამიჭირდებოდა კვლევისათვის საჭირო მონაცემების შეგროვება და დამუშავება.

განსაკუთრებული მადლობა ეკუთვნით კვლევაში მონაწილე პედაგოგებს, რომლებმაც არ დაიშურეს ენთუზიაზმი და ინტერესი.

და ბოლოს, მადლობას ვუხდით ჩემი ოჯახის წევრებს, მეგობრებსა და ყველა ახლობელს მთელი ამ დროის განმავლობაში მუდმივად გვერდში დგომისა და გულშემატკივრობისთვის.

სარჩევი

განაცხადი	i
აბსტრაქტი	iii
Abstract	v
ცხრილების, სურათების და დანართების ჩამონათვალი	xi
აბრევიატურის ჩამონათვალი	xii
1 შესავალი	1
1.1 საგაკვეთილო პროცესში ტექნოლოგიების ინტეგრირება საქართველოს კონტექსტში	1
1.2 კვლევის აქტუალობა.....	13
1.3 კვლევის მიზანი, საკვლევი კითხვები	18
1.4 კვლევის ეტაპები	19
2 ლიტერატურის მიმოხილვა	21
2.1 ტექნოლოგიების ინტეგრირება.....	21
2.2 TPACK ჩარჩო (Technological Pedagogical And Content Knowledge)	26
2.3 ტექნოლოგიების (მობილური აპლიკაციების) ინტეგრირება საბუნებისმეტყველო განათლებაში	36
2.5 თანამშრომლობითი პროფესიული განვითარება ტექნოლოგიების ინტეგრირების მიმართულებით	40
2.6 ტექნოლოგიების ინტეგრირების გამოწვევები	45
3 მეთოდოლოგია.....	48
3.1 ფიზიკის მასწავლებლების ტექნოლოგიური უნარების თვითშეფასება საქართველოში (რაოდენობრივი კვლევა)	52
3.1.1 მონაცემთა შეგროვება	52
3.1.2 რაოდენობრივი კვლევის პროცესის აღწერა	53
3.2 გრძელვადიანი სატრენინგო დიზაინის შემუშავება (თვისებრივი კვლევა)	54
3.2.1 მონაწილეთა შერჩევა.....	55
3.2.2 თვისებრივი კვლევის პროცესის აღწერა	56

3.2.3 ტრენინგების დეტალური აღწერა.....	57
3.2.4 დროში განგრძობადი კვლევითი პროცესი	74
3.3 ვიდეო ანალიზის მეთოდი	79
3.4 კვლევის შეზღუდვები	81
4 შედეგები	83
4.1 რაოდენობრივი კვლევის შედეგები	83
4.2 თვისებრივი კვლევის შედეგები	90
5 შედეგების ინტერპრეტაცია და დისკუსია	103
5.1 რაოდენობრივი კვლევის შედეგების ანალიზი	103
5.2 თვისებრივი კვლევის შედეგების ანალიზი	105
5.2.1 ცალკეული კატეგორიების შესაბამისობა თეორიულ მოდელთან:	106
5.2.2 თანამშრომლობითი სწავლების მნიშვნელობა სასწავლო პროცესში	108
5.2.3 პროფესიული საზოგადოების ჩამოყალიბება	110
5.2.4 მობილური აპლიკაციების როლი საგაკვეთილო პროცესში	111
6 დასკვნა და რეკომენდაციები	115
ბიბლიოგრაფია	121
დანართი 1. TPACK სამეცნიერო კვლევითი კითხვები	135
დანართი 2. თავისუფალი ვარდნის აჩქარების გაზომვა phyphox აპლიკაციის გამოყენებით.....	140
დანართი 3. მბრუნავი ცილინდრის სიჩქარის გაზომვა დახრილი სიბრტყის გასწვრივ phyphox აპლიკაციის გამოყენებით	143
დანართი 4. დამატებითი ფერები	145
დანართი 5. ელექტრომაგნეტიზმი	148
დანართი 6. დროში განგრძობადი კვლევით პროცესში გამოყენებული კითხვები ...	150

ცხრილების, სურათების და დანართების ჩამონათვალი

ცხრილი 1. TPACK-ის ისტორიული განვითარების მოდელი.....	32
ცხრილი 2. TPACK-ის კვლევის სფეროში 14 საუკეთესო ქვეყნის რეიტინგი	35
ცხრილი 3. კონსტრუქტების სანდოობის კოეფიციენტები.....	84
ცხრილი 4. აღწერითი სტატისტიკური მაჩვენებლები	85
ცხრილი 5. საშუალო ვარიაცია (AVE).....	86
ცხრილი 6. ექსპლორაციული ფაქტორული ანალიზი.	87
ცხრილი 7. როტირებული კომპონენტების მატრიცა (Rotated Component Matrix)	89
ცხრილი 8. სანდოობის მახასიათებლები (Cronbach-ის ალფა (α) და საშუალო ვარიაციის მაჩვენებლი (AVE)).	89
 სურათი 1. ვიდეო გადაღების სქემა.	 80
 დიაგრამა 1. TPACK ჩარჩო.	 29
დიაგრამა 2. TPACK ჩარჩო.	31

აბრევიატურის ჩამონათვალი

STEM- *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*

STEAM- *Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*

ICT- *Information and Communication Technology*

NETP- *The National Education Technology Plan*

TPCK- *Technological Pedagogical Content Knowledge*

TPACK- *Technological Pedagogical And Content Knowledge*

CK- *Content Knowledge*

PK- *Pedagogical Knowledge*

TK- *Technological Knowledge*

TCK- *Technological Content Knowledge*

PCK- *Pedagogical Content Knowledge*

TPK- *Technological Pedagogical Knowledge*

XK- *Contextual Knowledge*

CNKI- *China National Knowledge Infrastructure*

ASTEL- *Arithmetic, Science and Technology E-Learning*

DBL- *Design-Based learning*

PD_ *Professional Development*

PLCs- *Professional Learning Communities*

SSCI - *Social Sciences Citation Index*

ისტ- ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები

სსიპ - საჯარო სამართლის იურიდიული პირი

1. შესავალი

1.1 საგაკვეთილო პროცესში ტექნოლოგიების ინტეგრირება საქართველოს კონტექსტში

ბოლო ათწლეულებში ტექნოლოგიების განვითარებამ ცვლილებების საჭიროება მოიტანა საგანმანათლებლო სივრცეში. სასწავლო პროცესი მეტად დამოკიდებული გახდა ციფრულ წიგნიერებაზე. ყოველივე ამან კი განაპირობა პედაგოგების მზაობის გადახედვა - როგორ გაართმევდნენ თავს ახალ გამოწვევებს. საჭირო გახდა პედაგოგების არა მხოლოდ საგნობრივი კომპეტენციების გაუმჯობესება, არამედ მათი ტექნოლოგიური უნარ-ჩვევების განვითარება. სწორედ ამიტომ, სწავლა-სწავლების პროცესის ეფექტიანობის გასაზრდელად, საქართველოს მეცნიერებისა და განათლების სამინისტრომ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანად დაისახა ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებში ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დანერგვა.¹ ამისათვის კი, აუცილებელი პირობაა მასწავლებლების გადამზადება ტექნოლოგიური უნარ-ჩვევების განვითარების მიზნით და ზოგადად, სკოლის აღჭურვა შესაბამისი ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებით (ისტ).

კვლევის პირველ ეტაპზე შევისწავლე ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნები ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო უნარებისა და ციფრული წიგნიერების კომპეტენციების განვითარების კუთხით. ასევე გამოვიკვლიე, რა აქტივობები განხორციელდა მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების მიმართულებით, მაგ. ჩატარდა თუ არა საბუნებისმეტყველო საგნების/ფიზიკის მასწავლებელთა პროფესიული გადამზადება ციფრული ტექნოლოგიების დანერგვის ხელშესაწყობად.

მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი 2009 წლიდან ახორციელებს მასწავლებელთა ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების

¹ [საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო](#)

ტრენინგებს.² ამ ტრენინგების მიზანი მასწავლებელთა პროფესიული განვითარება და ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ინტეგრირებით სასწავლო გარემოს გაუმჯობესებაა. მიზნის მისაღწევად 2009-2015 წლებში განხორციელდა სხვადასხვა ისტ ტრენინგურის საჯარო სკოლის მასწავლებლებისთვის, ბიბლიოთეკარებისა და დირექტორებისთვის. ტრენინგების მიზანი იყო:

- „მასწავლებელთა კვალიფიკაციის ამაღლება და სასწავლო გარემოს გაუმჯობესება ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ინტეგრირების გზით.
- სკოლაში ციფრული კულტურის დამკვიდრების ხელშეწყობა ისტ-ში მომზადებული მასწავლებლების რესურსის გააქტიურების, მათში დაგროვილი ცოდნისა და უნარების პრაქტიკაში თანმიმდევრული გამოყენების ხელშეწყობის, ასევე სკოლის დირექციის პროცესში ჩართულობის უზრუნველყოფის გზით.
- ქართულენოვანი ელექტრონული სასწავლო რესურსის შექმნა და გამოყენების პოპულარიზაცია ისტ-ის სასწავლო პროცესში ინტეგრაციის ხელშესაწყობად.“

ასევე, მესამე თაობის ეროვნულ სასწავლო გეგმაში³ (თავი II. საგნობრივი ჯგუფის მიზნები, საგნების სტანდარტები და ალტერნატიული სასწავლო გეგმები, 17 მუხლი. ტექნოლოგიები) ვკითხულობთ:

„1. ტექნოლოგიების საგნობრივ ჯგუფს განეკუთვნება:

ა) კომპიუტერული ტექნოლოგიები (იგი ისწავლება დაწყებით და საბაზო საფეხურებზე);

² მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი - TPDC - tpdc.ge

³ „ეროვნული სასწავლო გეგმის დამტკიცების შესახებ“ საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების მინისტრის 2016 წლის 18 მაისის №40/ნ ბრძანებაში ცვლილების შეტანის თაობაზე | სსიპ „საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე“

ბ) ჭადრაკი (ისწავლება I და II კლასებში).

2. ტექნოლოგიების საგნობრივი ჯგუფის მიზანია: ხელი შეუწყოს მოსწავლეებში მედია და ციფრული წიგნიერების დონის ამაღლებას; დაეხმაროს მათ სხვადასხვა დარგისათვის სპეციფიკური ტექნოლოგიების დაუფლებაში და ამ ტექნოლოგიების გამოყენებისათვის აუცილებელი უნარ-ჩვევების განვითარებაში, როგორც სხვადასხვა საგანთან ინტეგრირებული სწავლებისას, ასევე ცალკე სწავლების გზით.

3. ამ მუხლით განსაზღვრულ საგნობრივ ჯგუფში ასევე შედის შემდეგი არჩევითი საგნები: კომპიუტერული მეცნიერება, კოდირება, რობოტექნიკა, თანამედროვე ტექნოლოგიები მუსიკაში, მულტიმედია და დიზაინი, მულტიმედია და მუსიკა, მუსიკალურ-კომპიუტერული პროგრამების პრაქტიკული კურსი, ჭადრაკი (სპეციალური ელექტრონული პროგრამა II-III კლასებისთვის), მედიაწიგნიერება.⁴

საკითხის აქტუალობას კიდევ ერთხელ მკაფიოდ ხაზი გაუსვა კოვიდ-19-ის მიერ გამოწვეულმა პანდემიამ, როდესაც მოულოდნელად განათლების სისტემა დადგა უდიდესი პრობლემის წინაშე - საგაკვეთილო პროცესი სრულად დისტანციურ რეჟიმზე გადასულიყო. ამისათვის კი, იმჟამინდელი მდგომარეობით, ნაკლები მზაობა იყო ქვეყანაში. მასწავლებლის სახლის საგნობრივ (ფიზიკა) ექსპერტთან ინტერვიუზე დაყრდნობით, მდგომარეობა შემდეგნაირად განვითარდა: პირველ ყოვლისა, ჩამოყალიბდა მოხალისე „ქოუჩების“ ჯგუფი, რომელიც საჭიროების შემთხვევაში ეხმარებოდა პედაგოგებს, რათა საგაკვეთილო პროცესი შეფერხებების გარეშე წარმართულიყო. რეალური სიტუაცია კი საკმაოდ რთული აღმოჩნდა - არ იყო ტექნიკურად გამართული გარემო. საუბარია იმაზე, რომ ყველა პედაგოგს არ ჰქონდა შესაბამისი ტექნიკა, ინტერნეტის ხარისხიც საკმაოდ დაბალი იყო. გარდა ტექნიკური

⁴ [2. თავი II საგნობრივი ჯგუფები, საგნების სტანდარტები.doc](#)

პრობლემებისა, შინაარსობრივი მიმართულებითაც გარკვეულმა სირთულეებმა იჩინა თავი, როგორცაა პროგრამის სწორი გამოყენება, ენობრივი ბარიერი (საჭირო გახდა ინგლისური ენის საბაზისო დონეზე ცოდნა). სკოლებს კი არ ჰქონდათ რესურსი, რომ მსგავს პრობლემებს გამკლავებოდნენ. ამან დიდი გავლენა იქონია როგორც პედაგოგების, ასევე მოსწავლეების მოტივაციაზე, რაც სწავლა-სწავლების პროცესის მნიშვნელოვანი კომპონენტია.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო და მასწავლებლის სახლი აქტიურად ატარებდა ტრენინგებსა და ვებინარებს, რათა ხელი შეეწყო პედაგოგების ტექნოლოგიური უნარ-ჩვევების განვითარებისთვის. რაც შეეხება საბუნებისმეტყველო საგნების, კერძოდ კი ფიზიკის პედაგოგებს, დამატებით რიგი ფაქტორები იყო გასათვალისწინებელი. მაგალითად, პედაგოგების ასაკი: 3065 ფიზიკის მასწავლებლიდან 37% -ის ასაკობრივი ზღვარია 51-60, 27% კი - 61-70 წელი (ინფორმაცია გამოთხოვილია საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურიდან, 09.02.2023 წ.⁵ „ზოგადსაგანმანათლებლო დაწესებულებებში საგნის „ფიზიკა“ მასწავლებელთა რაოდენობა (სკოლების მიხედვით) სასწავლო წლების, რეგიონების, სკოლების ტიპის, მასწავლებელთა სქესისა და ასაკის მიხედვით“). ამ მონაცემებიდან სავარაუდოა ვიფიქროთ, რომ პედაგოგთა უმრავლესობას ნაკლები შეხება აქვს ტექნოლოგიებთან და ინგლისურ ენასთან და მათთვის მეტად კომფორტულია საგაკვეთილო პროცესის ტრადიციული მეთოდებით წარმართვა. პედაგოგთა გარკვეულმა რაოდენობამ სავარაუდოა, რომ გაიარა გადამზადება. მათ ტრენინგების შემდგომ ჰქონდათ გარკვეული დავალებები, რათა ტრენინგზე მიღებული გამოცდილება დაენერგათ საგაკვეთილო პროცესში, თუმცა რამდენად წარმატებით მიმდინარეობდა ეს პროცესი, ამის შესახებ ინფორმაცია არსად იძებნება.

⁵ <https://www.geostat.ge/ka>

მასწავლებელთა მხარდაჭერის მიზნით მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრის ბაზაზე შეიქმნა საბუნებისმეტყველო საგნების სამოდელო კლუბი „ჩხირკედელა“, რომლის მიზნებიც შემდეგია:

- „სკოლის ბაზაზე არაფორმალური განათლების ისეთი ფორმის გაძლიერება, როგორიც არის საკლუბო მუშაობა, და მისი დაკავშირება მიმდინარე საგაკვეთილო პროცესთან.
- მასწავლებელთა პროფესიონალიზმის გაზრდა STEM მიდგომის დანერგვისას სასწავლო პროცესში.
- მოსწავლეთა მოტივაციისა და ჩართულობის გაზრდა საბუნებისმეტყველო საგნების სწავლების პროცესში.“⁶

კლუბი „ჩხირკედელაში“ eTwinning-ისა და „STEM სკოლებში“ პროგრამების ურთიერთთანამშრომლობის ფარგლებში ჩატარდა სამუშაო შეხვედრები სასკოლო კლუბების წევრებსა და კლუბის შექმნის მსურველ სკოლებთან. კლუბში თავდაპირველად გაერთიანდა თბილისისა და რეგიონების საჯარო და კერძო სკოლების მასწავლებლები და მოსწავლეები: 33 მასწავლებელი და 240 მოსწავლე 18 სკოლიდან.

კლუბი „ჩხირკედელა“ აქტიურად აგრძელებს საქმიანობას და მუდმივად სთავაზობს მასწავლებლებს/მოსწავლეებს საინტერესო აქტივობებსა თუ ღონისძიებებს. ისინი თანამშრომლობენ სხვადასხვა საგანმანათლებლო ორგანიზაციებთან და ახორციელებენ მნიშვნელოვან პროექტებს.⁷

2020 წელს, საქართველოში პანდემიის გამო წარმოშობილი სირთულეების დასაძლევად, გაეროს ბავშვთა ფონდმა, განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრომ, CK-12-ის საერთაშორისო ფონდმა და განათლების კოალიციამ ერთობლივად

⁶ <https://chkhirkedela2019.wixsite.com/mysite/stem>

⁷ [საკონკურსო პროექტები | ჩხირკედელა](#)

წამოიწყვეს პროექტი. მისი მიზანი იყო CK-12-ის ციფრული საგანმანათლებლო მასალების თარგმნა და ადაპტაცია, რათა ისინი უფრო ხელმისაწვდომი გამხდარიყო ქართველი მოსწავლეებისთვის. საერთაშორისო საგანმანათლებლო პლატფორმიდან შეირჩა, ქართულ ენაზე ითარგმნა და ადაპტირდა 15 სახელმძღვანელო STEM საგნების მიმართულებით. ელწიგნები განკუთვნილია საბაზო და საშუალო საფეხურის მოსწავლეებისათვის.⁸ პროექტი მიზნად ისახავდა განათლების სისტემის ხარისხისა და ინკლუზიურობის გაძლიერებას, დაფინანსდა ნორვეგიის მთავრობის მიერ და განხორციელდა 2021 წელს.

რაც შეეხება საბაზო და საშუალო საფეხურის საბუნებისმეტყველო საგნების მასწავლებლის პროფესიულ სტანდარტს (2023, მუხლი 65), საბაზო ან/და საშუალო საფეხურის საბუნებისმეტყველო საგნების მასწავლებლის პროფესიული უნარ-ჩვევების 14-პუნქტიან ჩამონათვალში ტექნოლოგიების დანერგვასთან ან მასწავლებლების ტექნოლოგიური უნარ-ჩვევების განვითარებასთან დაკავშირებით რაიმე სახის ინფორმაცია არ იკითხება. ხოლო მუხლი 66-ის მიხედვით საბაზო ან/და საშუალო საფეხურის საბუნებისმეტყველო საგნების მასწავლებლის პროფესიული ცოდნა მოიცავს 6 პუნქტს, რომელთაგან მხოლოდ პუნქტ ვ-ში იკითხება, რომ ინფორმაციის მოძიებისათვის შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ინტერნეტი.⁹

ასევე, მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის გზამკვლევში, საგანი - ფიზიკა (2022 წ., მიმართულება 2. მეთოდოლოგიური ორიენტირები), ამოვიკითხავთ:

„ეროვნული სასწავლო გეგმის მეთოდოლოგიური ნაწილი ორიენტირდება შემდეგ საკითხებზე:

⁸ [CK12-ის ქართული საგანმანათლებლო რესურსი - განათლების ახლებური ხედვა - ახალი განათლება](#)

⁹ http://tpdc.ge/ptk_files/ckuploaded/800248.pdf

- ❖ პრინციპები, რომლებსაც უნდა ეფუძნებოდეს სწავლა-სწავლების პროცესი (ხარისხიანი განათლება);
- ❖ ინკლუზიური განათლება (განათლების თანაბარი ხელმისაწვდომობა);
- ❖ მეტაკოგნიცია და ფუნქციურ-კომპონენტური უნარები;
- ❖ საგანთა შორის ინტეგრაცია და პრიორიტეტული თემები;
- ❖ ტექნოლოგიების გამოყენება სასწავლო პროცესში. “

თავის მხრივ, „ტექნოლოგიების მიზნობრივი გამოყენება გულისხმობს სწავლა-სწავლების პროცესში ორი ფუნქციის შესრულებას:

1. მათი საშუალებით სასწავლო პროცესი უფრო საინტერესო ხდება მოსწავლისათვის;
2. მათი საშუალებით უფრო ეფექტურად მიმდინარეობს კომუნიკაცია სასკოლო საზოგადოების წევრებს შორის.

ეროვნული სასწავლო გეგმის დანერგვის პროცესში მოსწავლეებმა ციფრული ტექნოლოგიები შეიძლება გამოიყენონ კომპლექსური დავალებებისა და თემატური მატრიცების შესაქმნელად”.¹⁰

„ზოგადი განათლების რეფორმის ხელშეწყობის“ პროგრამის (მიზნად ისახავს თითოეულ სკოლაში მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის დანერგვის ხელშეწყობას, ხორციელდება „ახალი სკოლის მოდელის“ ქვეპროგრამაზე დაყრდნობით) დოკუმენტში¹¹ ახალი სკოლის მოდელის მოკლე აღწერაა მიმოხილული და განსაზღვრულია, თუ რა მიზნებს ემსახურება აღნიშნული მოდელი და რა ამოცანებია დასახული ამ მიზნის მისაღწევად.

¹⁰ <https://mes.gov.ge/uploads/files/gzamkvlevi/fizika.pdf>

¹¹ <https://mes.gov.ge/uploads/files/zogadi-ganatlebis-xelshecyoba.pdf>

2020-2021 სასწავლო წლიდან „ახალი სკოლის მოდელი“ განხორციელების ახალ ეტაპზე გადადის, რომელიც 2024 წლისათვის საქართველოს მასშტაბით ყველა საჯარო სკოლას მოიცავს.¹² საქართველოს განათლების მინისტრის მოადგილემ განაცხადა, რომ ექსპერტების ჩართულობით მუდმივად ხდება დანერგვის პროცესის, მისი ძლიერი და სუსტი მხარეების გაანალიზება, პროექტის იმპლემენტაციისათვის საჭირო რესურსებისა და მეთოდოლოგიის დახვეწა.

„ახალი სკოლის მოდელის“ დანერგვა 2019 წელს 165 სკოლაში დაიწყო და მასში ჩართულია 34 000 მოსწავლე და 3096 პედაგოგი. 2020 სასწავლო წლიდან პროექტმა 300-მდე სკოლა მოიცვა და მასში ჩაერთო 96 000 მოსწავლე და 8000 მასწავლებელი. „ახალი სკოლის მოდელი“ – ეს არის რეფორმა, პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს საკლასო ოთახიდან, სადაც ექსპერტების მიერ გაზიარებულ მეთოდოლოგიაზე დაყრდნობით თითოეული სკოლა საკუთარ, ინდივიდუალურ „სკოლის მოდელს“ ქმნის. 2019 წელს დაწყებული რეფორმა არის ის ფუნდამენტი, რასაც 2020-2021 სასწავლო წლიდან უფრო მასშტაბური ეტაპი უნდა დაეფუძნოს.¹³ „ახალი სკოლის მოდელში“ მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ტექნოლოგიების დანერგვას და განვითარებას. სკოლებს გადაეცათ 3474 ლეპტოპი, 522 პროექტორი და 77 დამტენი კარადა.

„ახალი სკოლის მოდელის“ მისიაა სკოლებში მოსწავლეზე ორიენტირებული საგანმანათლებლო გარემოს ჩამოყალიბება, რომელიც უკლებლივ ყველა მოზარდს მისცემს საკუთარი პოტენციალის რეალიზების საშუალებას და შეაიარაღებს XXI საუკუნის გამოწვევათა მისაღებად საჭირო ცოდნით. მოდელის მიზანია, საქართველოს ყველა სკოლაში სწავლების კულტურის განვითარება და სწავლა-სწავლების ხარისხის გაუმჯობესება, ხოლო ამ მიზნების განსახორციელებლად კი

¹² <https://mes.gov.ge/content.php?id=10021>

¹³ [საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო](#)

დასახული ამოცანებიდან ერთ-ერთს სწორედ ციფრული ტექნოლოგიების ინტეგრირება წარმოადგენს სწავლა-სწავლების პროცესში.¹⁴

ციფრული ტექნოლოგიები განიხილება როგორც საშუალება, რომელიც ხელს უწყობს სწავლა-სწავლების პროცესის მოსწავლეზე ორიენტირებულ მიდგომას. მათი დანერგვა ორი მთავარი მიმართულებით დაიგეგმა, რათა განათლების ხარისხი გაუმჯობესდეს და სწავლება უფრო ეფექტური გახდეს:

1. „მასწავლებლების სამუშაო პროცესში (სასწავლო პროცესის დაგეგმვა, კოლეგებთან კომუნიკაცია) ციფრული ტექნოლოგიების ინტეგრაცია;
2. სწავლა-სწავლების პროცესში ელექტრონული საგანმანათლებლო რესურსების ეფექტიანი გამოყენება.“

სწავლა-სწავლების პროცესის დაგეგმვისას გამოყენებულია Microsoft-ის საგანმანათლებლო პროგრამები (Office 365 Education), რომლებიც მასწავლებლებს აძლევს შესაძლებლობას, შექმნან და გააზიარონ ელექტრონული სასწავლო რესურსები. ეს ხელს უწყობს სხვადასხვა ქალაქში მცხოვრებ მასწავლებლებს, იმუშაონ დისტანციურად და განახორციელონ ერთობლივი პროექტები. გარდა ამისა, ისინი შეძლებენ საინფორმაციო არხების მართვას და ეფექტური კომუნიკაციის უზრუნველყოფას ისეთი პლატფორმების გამოყენებით, როგორებიცაა - OneNote, SharePoint, Teams და Calendar.

გარდა ამისა, დოკუმენტში გაწერილია პროცესის ხელშეწყობის მიზნით დაგეგმილი ღონისძიებები:

- „ელექტრონული ჟურნალის განვითარება, რომელიც, ერთი მხრივ, სასწავლო პროცესის ადმინისტრირებას შეუწყობს ხელს, ხოლო მეორე მხრივ,

¹⁴ [zogadi-ganatilebis-xelshecyoba.pdf](#)

გამარტივებს კომუნიკაციას სასკოლო თემის წევრებს (მოსწავლეები, მშობლები, მასწავლებლები, სკოლის ადმინისტრაცია) შორის;

- სკოლისთვის ლეპტოპებისა და პროექტორების გადაცემა;
- სკოლების WiFi-ით უზრუნველყოფა;
- სკოლაში არსებული კომპიუტერული კლასების ინვენტარიზაცია და განახლება საჭიროებისამებრ;
- პირველკლასელთა ნეთბუქების სპეციფიკაციის მოდიფიცირება ელექტრონული საგანმანათლებლო რესურსების გამართული მუშაობისთვის;
- საგანმანათლებლო ელექტრონული რესურსების განვითარება.“

თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისად, სწავლა-სწავლების პროცესის ტექნოლოგიების სრულყოფილად დანერგვისთვის საჭიროა დამხმარე (მათ შორის ქართულენოვანი) ელექტრონული რესურსები. არსებული სურათის გასაუმჯობესებლად მიმდინარეობს ადგილობრივი რესურსების განვითარება, მაგალითად, ასეთი რესურსებია „ვსწავლობთ თამაშით“¹⁵ და „ელექტრონული რესურსების პორტალი“¹⁶.

მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრის¹⁷ მიერ შექმნილი ტრენინგ-მოდულის „STEM პროექტების მოდელირება და კონსტრუირების“ მთავარი მიზნებია:

- „STEM მიმართულების საგნების მასწავლებლებმა შეძლონ აქტივობების და პროექტების დაგეგმვა და განხორციელება.
- აამაღლონ მოსწავლეთა ცნობიერება და უნარები თანამედროვე ტექნოლოგიების როგორც გამოყენებაში, ასევე შექმნაში.

¹⁵ <http://play.geolab.edu.ge/>

¹⁶ <https://el.ge/>

¹⁷ [STEM კლუბი: „STEM პროექტების მოდელირება და კონსტრუირება“](#)

- შეიძინონ ელექტრონულ კომპონენტებთან მუშაობის და პროგრამირების საბაზო უნარები, რომლებსაც გადასცემენ მოსწავლეებს STEM აქტივობების და პროექტების განხორციელების პროცესში;

„STEM პროექტების მოდულირება და კონსტრუირება“ შეიქმნა საქართველოში აშშ-ის საელჩოს ფინანსური მხარდაჭერით ათასწლეულის ფონდის მიერ დაწყებული პროექტის “STEM მენტორების კურსი“ ფარგლებში. კლუბის მიზნებია: საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, საინჟინრო და ტექნოლოგიური სფეროებით მოსწავლეთა დაინტერესება და მოტივაციის ამაღლება; შემოქმედებითი და გუნდური მუშაობის უნარ-ჩვევების განვითარება; მასწავლებლის მიერ „STEM მენტორების კურსზე“ შეძენილი თანამედროვე ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული სწავლების მეთოდოლოგიის პრაქტიკაში დანერგვა. კერძოდ, ARDUINO-ს, როგორც ღია კომპიუტერული პლატფორმის, გამოყენებით მოსწავლეებს შესაძლებლობა აქვთ, დაეუფლონ ციფრული ტექნოლოგიებისა და პროგრამირების საფუძვლებს. გარდა ამისა, სიმულატორების მეშვეობით ხორციელდება ინოვაციური პროექტების მოდელირება და კონსტრუირება, რაც ეხმარება მათ რეალურ ტექნოლოგიურ გარემოში ცოდნის ეფექტურად გამოყენებაში.

აღნიშნული ტრენინგი ტარდებოდა მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრის ტექნოლოგიური ექსპერტის მხარდაჭერით. ტრენინგი მოიცავდა 10 სამუშაო შეხვედრას ონლაინ და გულისხმობდა 20 საკონტაქტო და 15 არასაკონტაქტო საათს.

საქართველოს განათლების, მეცნიერების, კულტურისა და სპორტის მინისტრის ბრძანების მიხედვით (ბრძანება №67/ნ, მუხლი 5, 30.06.2022) „სასწავლო პროცესის

დაგეგმვისას ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება და ციფრული მოქალაქეობის პრინციპების გათვალისწინება“ აუცილებელი პირობაა.¹⁸

2025 წლის 16 აპრილს საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის მინისტრი შეხვდა სასკოლო საზოგადოებასა და სხვა დაინტერესებულ მხარეებს. შეხვედრისას მინისტრმა წარადგინა ზოგადი განათლების ახალი ხედვა და განიხილა მის ფარგლებში დაგეგმილი ინიციატივები. განხილვაში მონაწილეობდნენ მინისტრის მოადგილეები, პარლამენტის წევრები, ექსპერტები, სკოლის დირექტორები, ზოგადი განათლების ავტორიზაციის საბჭოს წევრები და სხვა წარმომადგენლები, რომლებიც განათლების საკითხებით ინტერესდებიან.

„ახალი ხედვის ფარგლებში განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილდა სკოლებში სწავლა-სწავლების ხარისხის ამაღლების ხელშეწყობაზე; მასწავლებელთა უწყვეტი პროფესიული განვითარებისა და კარიერული წინსვლის სქემის განახლებაზე; სასკოლო გარემოს განვითარებასა და გაჯანსაღების უზრუნველყოფაზე“.

მინისტრის განცხადებით, სამინისტროს ერთ-ერთი მთავარი პრიორიტეტია, სწავლა-სწავლების პროცესში მოსწავლეებს განუვითარდეთ ყველა ის საჭირო უნარი და კომპეტენცია, რაც მათ თვითრეალიზაციაში დაეხმარება და ხელს შეუწყობს მათი კონკურენტუნარიანობის ზრდას.

განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილდა STEAM მიმართულების გაძლიერებაზე, რაც გულისხმობს კომპიუტერული ტექნოლოგიების სწავლებას ყველა საფეხურზე, სკოლების აღჭურვას საბუნებისმეტყველო ლაბორატორიებით, STEAM კლუბების, ოლიმპიადებისა და კონკურსების მხარდაჭერას.

როგორც მინისტრმა აღნიშნა, მიმდინარეობს აქტიური მუშაობა საქართველოში არსებული ფიზიკა-მათემატიკური სკოლების გაძლიერების მიმართულებით. მისი

¹⁸ <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4841342?publication=0>

თქმით, აღნიშნული სკოლების ინტელექტუალური რესურსი გამოყენებული იქნება სხვა სკოლებში ფიზიკისა და მათემატიკის სწავლების გაუმჯობესებისთვის.¹⁹

წარმოდგენილი ინფორმაციის ანალიზი კვლევაში შემუშავებული სატრენინგო მოდულის დიზაინისთვის ქმნის მაღალ რელევანტურობასა და სტრატეგიულ მიმართულებას. ციფრული ტექნოლოგიების ინტეგრირების ეროვნული ხედვა, ინფრასტრუქტურის განახლება და მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების მხარდაჭერა ქმნის ხელსაყრელ გარემოს, სადაც ფიზიკის სწავლების პროცესში მობილური აპლიკაციების ეფექტური გამოყენება მიზანმიმართულად შეიძლება იქცეს მასწავლებელთა კომპეტენციის გაძლიერების ერთ-ერთ ბერკეტად. არსებული პოლიტიკა და ინიციატივები სატრენინგო მოდულისთვის განსაზღვრავს მოთხოვნებზე მორგებული, კონტექსტური და პრაქტიკულ აქტივობებზე ორიენტირებული დიზაინის აუცილებლობას.

1.2 კვლევის აქტუალობა

საქართველოში ამ დრომდე არ ჩატარებულა კვლევა, თუ როგორ შეიძლება ტექნოლოგიური რესურსების ეფექტურად გამოყენება ფიზიკის სწავლებისას და ამ მიდგომის ინტეგრირება მასწავლებელთა პროფესიული მომზადების პროგრამაში. ამდენად, მნიშვნელოვანია ამ საკითხის შესწავლა. ტექნოლოგიების ინტეგრირებას საგაკვეთილო პროცესში, განსაკუთრებით ფიზიკის სწავლების მიმართულებით, მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს როგორც მოსწავლეთა განათლებაში, ისე პედაგოგების პროფესიულ განვითარებაში. თანამედროვე ტექნოლოგიები საშუალებას აძლევს მასწავლებლებს, შეიმუშაონ უფრო დინამიკური, ინტერაქტიული და ეფექტური სასწავლო აქტივობები, რაც ხელს უწყობს მოსწავლეების მოტივაციისა და ჩართულობის გაზრდას (Patero, 2023).

¹⁹ [საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო](#)

ფიზიკის საგნობრივი კონცეფციების უკეთ გააზრების მიზნით, როგორც ექსპერიმენტებზე და პრაქტიკაზე დაფუძნებული დისციპლინის სწავლების პროცესში, ტექნოლოგიების ინტეგრირება მნიშვნელოვნად აძლიერებს პედაგოგების შესაძლებლობებს რთული ფიზიკური ფენომენების დემონსტრირებაში (Banda & Nzabahimana, 2021). განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის, რომ სიმულაციებისა და ვიზუალური ეფექტების გამოყენება ხელს უწყობს თეორიული კონცეფციების უკეთ გაგებას, რაც მეტად ამარტივებს მოსწავლეებისათვის შინაარსობრივად რთული თემატიკის აღქმას (Patero, 2023).

ვირტუალური ლაბორატორიები და მობილური აპლიკაციები მნიშვნელოვნად ზრდის განათლების ხარისხს. მათი საშუალებით მოსწავლეებს ეძლევათ უნიკალური შესაძლებლობა, უსაფრთხო, მაგრამ ვირტუალურ გარემოში ჩაატარონ ექსპერიმენტები, დააკვირდნენ ფიზიკურ პროცესებს და პრაქტიკულად გაანალიზონ კონკრეტული მოვლენის მიმდინარეობის მექანიზმები (Zhang et al., 2023). ტექნოლოგიების ინტეგრირება ასევე ხელს უწყობს სასწავლო პროცესის ინდივიდუალიზაციას, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ მოსწავლეებისთვის, რომელთაც განსხვავებული სწავლის უნარი აქვთ. თანამედროვე რესურსების მეშვეობით შესაძლებელია მასალების დიფერენცირება, რაც უზრუნველყოფს, რომ თითოეულმა მოსწავლემ მიიღოს თავისი უნარ-ჩვევებისა და ინტერესების შესაბამისი მასალა (Fernández-Sánchez, Garrido-Arroyo, & Porras-Masero, 2022).

აღსანიშნავია, რომ ტექნოლოგიების ინტეგრირება საგაკვეთილო პროცესში არა მხოლოდ ხელს უწყობს მოსწავლეების აკადემიური შედეგების გაუმჯობესებას, არამედ პედაგოგებს შორის პროფესიული საზოგადოების ჩამოყალიბებასაც, სადაც ისინი თანამშრომლობენ, გამოცდილებას უზიარებენ და მხარს უჭერენ ერთმანეთს (Ellermeijer & Tran, 2019). მსგავსი ინიციატივები მოითხოვს კარგად ორგანიზებულ ტრენინგებს, მუდმივ მხარდაჭერას სკოლების მხრიდან და შესაბამისი ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურის არსებობას.

საქართველოში ფიზიკის სწავლების პროცესში ტექნოლოგიების ინტეგრირება წარმოადგენს მნიშვნელოვან ნაბიჯს მომავალი თაობის განათლებისა და ქვეყნის ინოვაციური პოტენციალის განვითარების მიმართულებით. ტექნოლოგიების გამოყენება აუმჯობესებს არა მხოლოდ მოსწავლეთა აკადემიურ შედეგებს, არამედ ხელს უწყობს მათი კრიტიკული და ანალიტიკური აზროვნების უნარების ჩამოყალიბებას. ამასთან, ფიზიკის სწავლების პროცესში თანამედროვე რესურსებისა და მეთოდების დანერგვა მოსწავლეებს ამზადებს XXI საუკუნის გამოწვევებისთვის, სადაც ინოვაცია და ტექნოლოგიური კომპეტენციები წარმატების განმსაზღვრელი ფაქტორებია (Bao & Koenig, 2019). შესაბამისად, ამ პროცესის აქტუალობა დღეს, როგორც განათლების, ისე ტექნოლოგიური განვითარების თვალსაზრისით, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია.

საგანმანათლებლო სისტემაში ტექნოლოგიების დანერგვა მსოფლიოში მზარდ ტენდენციას წარმოადგენს. ამერიკის შეერთებულ შტატებში შემუშავებული ეროვნული საგანმანათლებლო ტექნოლოგიების გეგმაში - NETP (The National Education Technology Plan 2024), ტექნოლოგიების ინტეგრირებასთან დაკავშირებით განსაზღვრულია, რომ განათლების სისტემაში ტექნოლოგიების დანერგვა „რევოლუციური ტრანსფორმაციაა“, რაც ეხმარება მოსწავლეებს უფრო საფუძვლიანი განათლების მიღებაში და ხელს უწყობს მათ სამომავლო კარიერულ წინსვლას. ასევე, ამ დოკუმენტში გათვალისწინებულია პედაგოგების შესაბამისი გადამზადება. NETP-ის ძირითადი მიზნებია: სწავლა, შეფასება, სწავლება, ინფრასტრუქტურა და პროდუქტიულობა.²⁰

2024 წლის ეროვნული საგანმანათლებლო ტექნოლოგიების გეგმა (NETP) წარმოადგენს წინასწარ მოაზრებულ მიდგომას, რომელიც მიმართულია საგანმანათლებლო ტექნოლოგიების პოტენციალის გამოყენებისკენ, ინსტრუქციული

²⁰ <https://www.ed.gov/>

საფუძვლის გაძლიერების, ხარვეზების შემცირებისა და სკოლებში მოსწავლეთა სწავლის გაუმჯობესებისაკენ.²¹

ტექნოლოგიების სასწავლო პროცესში ინტეგრაციის მიმართულებით მნიშვნელოვანი კვლევები ტარდება ევროპაში. ხუთი ქვეყნის (დიდი ბრიტანეთი, ესპანეთი, უნგრეთი, ავსტრია, დანია) კვლევა ტექნოლოგიების შესახებ განხილულია ლოპეზის (López, 2014) ნაშრომში. კვლევის მიზანი იყო, მასწავლებლებისთვის შექმნილიყო ICT კომპეტენციების აკრედიტებული ევროპული სისტემა. ამისათვის კი ჩატარდა სიღრმისეული ანალიზი ევროპულ საგანმანათლებლო სისტემაში ტექნოლოგიების დანერგვის მიმართულებით. განისაზღვრა სტანდარტული კომპეტენციების კატალოგი, რომელსაც უნდა ფლობდნენ პედაგოგები საგაკვეთილო პროცესში ტექნოლოგიების გამოყენების მიზნით. გამოყოფილია ხუთი ასპექტი: 1. ევროპის სკოლების საგანმანათლებლო სისტემებში ICT ინტეგრაციის უახლესი ტექნოლოგია - ძლიერი და სუსტი მხარეები; 2. სკოლებსა და საგანმანათლებლო ცენტრებში ICT-ის გამოყენების წინარე გამოცდილება (წარმატებული პრაქტიკის მაგალითები); 3. მასწავლებელთა უახლესი ტრენინგების მოძიება ICT-ის საგანმანათლებლო გამოყენების მიმართულებით (ევროპაში მასწავლებელთა მომზადების ოფიციალური პროგრამების მიმოხილვა); 4. სპეციფიკური ტრენინგების საჭიროების განსაზღვრა და ხარვეზების აღმოფხვრა; 5. აქცენტი გაკეთებულია პედაგოგების აკადემიურ ნაშრომებზე - ჰქონდათ თუ არა მანამდე ტექნოლოგიების გამოყენების გამოცდილება.

ციფრული განათლების სამოქმედო გეგმა (2021-2027), რომელიც წარმოადგენს ევროკავშირის განახლებულ პოლიტიკურ ინიციატივას, განსაზღვრავს მაღალხარისხიანი, ინკლუზიური და ხელმისაწვდომი ციფრული განათლების

²¹ [U.S. Department Of Education Releases 2024 National Educational Technology Plan | Learning Forward](#)

ხელშეწყობას ევროპაში და მიზნად ისახავს წვერი ქვეყნების განათლებისა და მომზადების სისტემების ციფრულ ეპოქასთან ადაპტაციას.²²

ეს სამოქმედო გეგმა მიღებულ იქნა 2020 წლის 30 სექტემბერს და ევროკავშირის ქვეყნებს მოუწოდებდა ციფრული განათლების გაძლიერებული თანამშრომლობისკენ, რათა ქვეყნები ეფექტურად გამკლავებოდნენ COVID-19-ის პანდემიის გამოწვევებს. COVID-19 პანდემიამ კიდევ უფრო დააჩქარა ონლაინ და ჰიბრიდული სწავლების მიმართულებით არსებული ტენდენციების განვითარება. წარმოიშვა ახალი და ინოვაციური გზები - მოსწავლეებმა და მასწავლებლებმა უფრო მოქნილად შეძლეს სწავლისა და სწავლების პროცესის ონლაინ ორგანიზება. ინიციატივამ ხელი შეუწყო ევროკომისიის პრიორიტეტს „ევროპა მზად არის ციფრული ეპოქისთვის“²³.

გეგმის შემუშავების პროცესში, 2020 წლის ივლისიდან სექტემბრამდე, ევროკომისიამ განახორციელა საჯარო კონსულტაცია, რათა შეეგროვებინა ყველა მოქალაქის, დაწესებულებისა და ორგანიზაციის ხედვა და გამოცდილება.²⁴ ამ ნაბიჯის მიზანი იყო ყველა იმ გამოწვევის განსაზღვრა, რასაც იწვევს ტექნოლოგიების გამოყენება საგაკვეთილო პროცესში. განათლებაში ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენების ზრდამ გამოავლინა გამოწვევები და უთანასწორობები - მათ შორის, ციფრულ ტექნოლოგიებზე ხელმისაწვდომობის მქონე და არმქონე პირებს შორის (მათ შორის, შეზღუდული შესაძლებლობების მქონე პირებს); ასევე გამოწვევები, რომლებიც უკავშირდება მასწავლებელთა მომზადების დონეს და მათი ციფრული უნარების განსაზღვრას.

ინფორმაციულ-კომუნიკაციური უნარები ის ფუნდამენტური საჭიროებაა, რომელიც ყველა მასწავლებლისთვისა თუ მოსწავლისთვის აუცილებელია. კურიკულუმის წარმატებით დანერგვისთვის მასწავლებელს უნდა ჰქონდეს განვითარებული

²² [Digital Education Action Plan \(2021-2027\) - European Education Area](#)

²³ [A Europe fit for the digital age - European Commission](#)

²⁴ [Digital education action plan \(update\)](#)

შესაბამისი კომპეტენციები (Lin & Tsai, 2021). ბოლო წლებში ფართო განხილვის საგანია TPACK (Technological Pedagogical And Content Knowledge) ჩარჩო (Willermark, 2017) ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნის შესახებ. აღნიშნული ჩარჩო გულისხმობს სწავლებისას ტექნოლოგიების ინტეგრაციის კომპლექსურ ანალიზს სამ განზომილებაში, ესენია: პედაგოგიური, ტექნოლოგიური და საგნობრივი ცოდნა.

1.3 კვლევის მიზანი, საკვლევი კითხვები

კვლევის მიზანია, შეისწავლოს საქართველოს განათლების სისტემაში არსებული გამოწვევები მასწავლებელთა მზაობის კუთხით ტექნოლოგიების სასწავლო პროცესში ინტეგრაციისთვის, კერძოდ, რამდენად წარმატებით გამოიყენება ტექნოლოგიები საბუნებისმეტყველო საგნების/ფიზიკის სწავლების პროცესში მასწავლებლების მიერ ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებში. TPACK მოდელის, როგორც კონცეპტუალური ჩარჩოს გამოყენებით, განვსაზღვროთ ცოდნის დომენები, რომლებსაც მასწავლებლები უნდა დაეუფლონ სასწავლო პროცესში ტექნოლოგიების წარმატებით დანერგვისთვის ჩვენს ქვეყანაში. გარდა ამისა, დიზაინის კვლევის მეთოდის საშუალებით, TPACK ჩარჩოზე დაფუძნებით, შემუშავდა ფიზიკის მასწავლებელთა პროფესიული გადამზადების ტრენინგის მოდელი, რომელიც ხელს შეუწყობს პედაგოგებს თანამედროვე ტექნოლოგიების ინტეგრირებისთვის საგაკვეთილო პროცესში.

ყოველივე ზემოთ ჩამოთვლილიდან გამომდინარე, ჩამოყალიბდა კვლევითი კითხვები:

- როგორ აფასებენ ფიზიკის მასწავლებლები საკუთარი ტექნოლოგიური კომპეტენციების ფლობას სასწავლო პროცესში TPACK ჩარჩოს მიხედვით?

- როგორ უნდა წარიმართოს მასწავლებელთა პროფესიული მომზადება, ციფრული ტექნოლოგიები სასწავლო პროცესში წარმატებით დანერგვისთვის?

„ტექნოლოგიების წარმატებით დანერგვა სასწავლო პროცესში“ ნიშნავს ციფრული ტექნოლოგიების ეფექტურ ინტეგრირებას სწავლებისას ისე, რომ გააძლიეროს მოსწავლეთა ჩართულობა, კონცეფციების გაგება და მიღწევები. ეს არ ეხება მხოლოდ ტექნოლოგიების გამოყენებას, არამედ მნიშვნელოვანია პედაგოგიური მიდგომების სწორად გამოყენება სასწავლო მიზნების მხარდასაჭერად (Lin & Tsai, 2021).

TPACK მოდელის გამოყენებით სწავლების პროცესში ფიზიკის მასწავლებლების კომპეტენციების განვითარება ხელს უწყობს ციფრული ტექნოლოგიების წარმატებით ინტეგრირებას სასწავლო პროცესში, რაც დადებითად აისახება მოსწავლეთა განათლებაზე და აკადემიურ შედეგებზე (Chai, Koh, & Tsai, 2013). კერძოდ:

- მასწავლებლების პროფესიული მომზადების პროგრამების ეფექტური განხორციელება ხელს შეუწყობს მათი ტექნოლოგიური უნარების გაუმჯობესებას და სწავლების ინოვაციური მეთოდების დანერგვას.
- ასევე, საკუთარი ტექნოლოგიური კომპეტენციების შეფასება მასწავლებლების მიერ, საშუალებას აძლევს მათ, განსაზღვრონ საჭირო განვითარების არეები, რაც საგაკვეთილო პროცესის გაუმჯობესებას ემსახურება.

1.4 კვლევის ეტაპები

მიმდინარე კვლევის კომპლექსურობიდან გამომდინარე, კვლევით კითხვებზე პასუხის გასაცემად დაიგეგმა გარკვეული ეტაპები, რომლებიც წარმოდგენილია თანმიმდევრობის მიხედვით:

- ქვეყანაში არსებული სიტუაციის ანალიზი;
- ლიტერატურის მოძიება საკვლევ თემასთან დაკავშირებით;

- ინტერვიუ მასწავლებლის სახლის საგნობრივ ექსპერტთან;
- რაოდენობრივი კვლევისთვის TPACK კითხვარის თარგმნა ქართულ ენაზე;
- თარგმნილი რაოდენობრივი კითხვარის პილოტირება და ადაპტირება;
- რაოდენობრივი მონაცემების შეგროვება;
- რაოდენობრივი მონაცემების დამუშავება და ანალიზი;
- თვისებრივი კვლევისათვის ფიზიკის პედაგოგების შერჩევა;
- მასწავლებელთა გადამზადების გრძელვადიანი ტრენინგების დიზაინის მომზადება;
- პრეინტერვიუების ჩატარება პედაგოგებთან;
- ტრენინგების ჩატარება;
- პედაგოგების მიერ გადაღებული ვიდეოების ანალიზი;
- პოსტინტერვიუების ჩატარება პედაგოგებთან;
- თვისებრივი მონაცემების დამუშავება;
- ჩატარებული კვლევის მონაცემთა ანალიზი, დასკვნების გამოტანა და რეკომენდაციების შემუშავება.

2. ლიტერატურის მიმოხილვა

2.1 ტექნოლოგიების ინტეგრირება

ტექნოლოგიების ინტეგრირების პროცესის უკეთ გასააზრებლად მნიშვნელოვანია გავიგოთ, როგორ განსაზღვრავენ დარგის სპეციალისტები ამ ტერმინს, როგორ შეიძლება მასწავლებლების მომზადება ამ მიმართულებით და როგორ ხორციელდება ტექნოლოგიების ინტეგრირება საგანმანათლებლო სივრცეში (Rosales, 2021). თუ რას წარმოადგენს ტექნოლოგიების ინტეგრირება საგაკვეთილო პროცესში, ამის განმარტება მოხდა მას შემდეგ, რაც განისაზღვრა, თუ რა არ წარმოადგენს ტექნოლოგიების ინტეგრირებას, რათა განმარტება ყოფილიყო უფრო მკაფიო.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება იმ ფაქტს, რომ ტექნოლოგიების ინტეგრირება არ არის მხოლოდ კომპიუტერების განთავსება საკლასო ოთახში მასწავლებლების გადამზადების გარეშე (Siyam et al., 2025). ინტეგრირება არ არის ტრადიციული ტიპის გაკვეთილის ტექნოლოგიების გამოყენებით ჩანაცვლება. ასევე, ინტეგრირება არ არის ისეთი პროგრამული უზრუნველყოფის მიწოდება, როგორიცაა ელექტრონული ენციკლოპედიები, ცხრილები და მონაცემთა ბაზები დანიშნულების გარეშე. ეს არ არის წინასწარ მომზადებული პროგრამები, რომლებიც ხშირად მოიცავს თემასთან დაუკავშირებელ აქტივობებს, რომლებიც უმნიშვნელო ან უფრო ვიწრო მიზნებს ემსახურება. ინტეგრაცია არც მასწავლებლის მიერ შექმნილი პროგრამებია, რომლებიც მოიცავს სპეციალურ ინტერესებს ან ტექნიკურ კომპეტენციას, მაგრამ არ ერგება შინაარსობრივ სასწავლო პროგრამას (Bećirović, 2023).

ტექნოლოგიების ინტეგრირების განსაზღვრა, მისი არსისა და უპირატესობების გააზრება არის პირველი ნაბიჯი იმის გასაგებად, თუ როგორ უნდა მოხდეს მისი ეფექტური ჩართვა სასწავლო პროცესში.

ტექნოლოგიების ინტეგრირება გულისხმობს ტექნოლოგიების ჩართვას სასწავლო პროცესში ისე, რომ გაუმჯობესდეს მოსწავლეების სასწავლო გამოცდილება. ეს მოიცავს იმ პროგრამულ უზრუნველყოფას, რომელიც რეალურ სამყაროში გამოიყენება, რათა მოსწავლეებმა ისწავლონ ტექნოლოგიების მოქნილად, მიზნობრივად და კრეატიულად მოხმარება. ტექნოლოგიების ინტეგრაცია ნიშნავს, რომ სასწავლო პროგრამა განსაზღვრავს ტექნოლოგიის გამოყენებას და არა პირიქით. საბოლოოდ, ეს არის პროცესი, როდესაც სასწავლო პროგრამისა და ტექნოლოგიის მიზნები თანმიმდევრულად და ჰარმონიულადაა დაკავშირებული (Smith & Brown, 2023).

XXI საუკუნეში, რომელიც ტექნოლოგიების საუკუნედ იწოდება, მოსწავლეების მოსამზადებლად მასწავლებლებმა უნდა მიიღონ გამოწვევა და იპოვონ სწავლის ისეთი მეთოდები, რომლებიც საუკეთესოდ შეესაბამება მათ რეალობას და უზრუნველყონ სასწავლო პროგრამის ინტეგრირება ტექნოლოგიებთან (Bao & Koenig, 2019).

ამ კონტექსტში, მასწავლებელი განიხილება, როგორც მთავარი ძალა. მასწავლებელი წყვეტს, როდის და როგორ შემოიტანოს ტექნოლოგია საკლასო ოთახის ყოველდღიურ საქმიანობაში. არჩევანი კეთდება იმ თემატიკის და პრაქტიკის მიხედვით, რომელიც მეტად უწყობს ხელს მოსწავლეების სასწავლო გამოცდილებას (Smith & Brown, 2023).

გარდა ამისა, აუცილებელი არ არის მხოლოდ ტექნოლოგიის გამოყენების სწავლის სწავლება. ბევრი მოსწავლე საკმაოდ კარგად ფლობს ტექნოლოგიურ უნარებს, მითუმეტეს მობილურს და ხშირ შემთხვევაში, ისინი მასწავლებლებზე უკეთ ახერხებენ მოწყობილობების გამოყენებას. უბრალოდ ლეპტოპებისა და ტაბლეტების გადაცემა თითოეული მოსწავლისთვის არ ზრდის აკადემიურ მიღწევებს და არც მომავალში ტექნოლოგიურად მდიდარი გარემოს შექმნას უწყობს ხელს.

ტექნოლოგიის შერჩევა, მისი გამოყენების დრო და მეთოდი საფუძვლიანად უნდა იყოს დაგეგმილი ნებისმიერი აქტივობის დაწყებამდე (Bhat, 2023).

ტექნოლოგიური პროგრესი განათლების სფეროში ფუნდამენტურ ცვლილებებს იწვევს არა მხოლოდ სწავლების პროცესის ორგანიზებაში, არამედ მასწავლებლების პედაგოგიური კომპეტენციების განვითარებაშიც. ამავდროულად, თანამედროვე განათლების კონცეფციამ მნიშვნელოვნად განიცადა ტრანსფორმაცია, რაც განპირობებულია ინოვაციური მიდგომების და მეთოდოლოგიების კვლევითა და დანერგვით. დღესდღეობით, სასწავლო პრაქტიკა მუდმივად ადაპტირდება ციფრული ტექნოლოგიების მოთხოვნებთან, რაც რადიკალურად ცვლის მასწავლებლების როლს და სწავლების პროცესის მართვის სტრატეგიებს (Peris-Ortiz et. al., 2014).

კვლევებით დადგინდა, რომ ტექნოლოგია არ წარმოადგენს უნივერსალურ გამოსავალს კლასში სწავლის გაუმჯობესებისთვის (Ertmer, 2005); საკლასო ოთახში პედაგოგმა უნდა შეძლოს ტექნოლოგიის გამოყენება და მისი დაკავშირება სასწავლო შინაარსთან (Pierson, 2001; Stobaugh & Tassell, 2011). რომელიმე მიმართულებით დეფიციტი შეიძლება მარცხის მიზეზი გახდეს; თუმცა საგნობრივი და პედაგოგიური ცოდნა ხშირად განიხილება, როგორც ტექნოლოგიების წარმატებული ინტეგრირების წინაპირობა. კვლევები მიუთითებს, რომ ტექნოლოგიის ინტეგრირება ბუნებრივად რომ მოხდეს საკლასო ოთახში, მასწავლებელი უნდა იყოს ძირითადი მონაწილე ამ პროცესში და ხელი შეუწყოს აქტიური სასწავლო პროცესის შექმნას, რომელიც ტექნოლოგიას გარდაქმნის განათლების განუყოფელ ინსტრუმენტად (Arrowood et al., 2010), (Ertmer et al., 2012).

პედაგოგიური ცოდნა და გამოცდილება შეიძლება ძალიან სპეციფიკური იყოს შინაარსობრივ თემატიკასა და კლასის მომზადების დონესთან მიმართებაში. დაგეგმვის ფაზაში მასწავლებლები აქტიურად უნდა ჩაერთონ პედაგოგიური მიდგომების შინაარსისა და თემატიკის შერჩევის პროცესში. საუკეთესო პრაქტიკისა

და სტრატეგიების განსაზღვრა შესაძლებელია წინა გამოცდილებიდან და სასწავლო მიზნებიდან გამომდინარე. ტექნოლოგია არ არის მხოლოდ დამატებითი რესურსი, არამედ სასწავლო პროცესის განუყოფელი ნაწილია, რომელიც მიზანმიმართულად გამოიყენება როგორც საგაკვეთილო აქტივობების ეფექტიანობის ასამაღლებლად, ასევე შინაარსისა და პედაგოგიური მიდგომების მხარდასაჭერად. მისი გამოყენება ხდება მასწავლებლის გეგმისა და მიზნების შესაბამისად, რათა გაკვეთილის ხარისხი, მოსწავლეთა ჩართულობა და სასწავლო მიზნების მიღწევის შესაძლებლობები მნიშვნელოვნად გაიზარდოს (Ghavifekr & Rosdy, 2015).

ტექნოლოგიების გამოყენებისას, პირველ ყოვლისა, უნდა განისაზღვროს მიზანი, თუ რისი მიღწევაა სასურველი. ასევე, მნიშვნელოვანია გათვალისწინებული იყოს გამოწვევები, რომლებმაც შესაძლოა იჩინოს თავი. გარდა ამისა, თემატიკა ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ მაქსიმალურად კარგად ერგებოდეს ტექნოლოგიური რესურსები მას და პირიქით. მხოლოდ ამის შემდეგ უნდა განხორციელდეს მონაცემთა შეგროვების პროცესი და მიღებული შედეგები შეფასდეს თავდაპირველად დასახულ მიზანთან მიმართებაში (Bhat, 2023).

ტექნოლოგიების ინტეგრირების უკეთესად დანახვის მიზნით ხშირად გამოიყენება ვიდეოანალიზის მეთოდი. ვიდეოანალიზის მნიშვნელობის უკეთ წარმოსადგენად განვიხილოთ მაგალითი. კვლევა ჩატარდა K-12 კერძო სკოლაში (ამერიკა) 2016 წლის გაზაფხულის სემესტრში. სკოლა უზრუნველყოფდა პლანშეტის გამოყენებას სწავლებისას როგორც დაწყებით, ასევე საშუალო საფეხურზე. გარდა ამისა, საკლასო ოთახები და ლაბორატორიები სამგანზომილებიანი მაღალი ხარისხის ტექნოლოგიებით იყო აღჭურვილი. სკოლის პროგრამული უზრუნველყოფის სპეციალისტები თავად უტარებდნენ ტრენინგებს პედაგოგებს და ასწავლიდნენ ტექნოლოგიების სწორად გამოყენებას. საკლასო ოთახებში იყო ინტერაქტიური თეთრი დაფები (მონიტორები) და ასევე მაღალი სიჩქარის ინტერნეტი. მოსწავლეებს ჰქონდათ ონლაინ სასწავლო პლატფორმა, სადაც პედაგოგებს შეეძლოთ გაეზავნათ

დავალებები, მიეცათ ინტერაქტიური ქვიზები, ეჩვენებინათ საგანმანათლებლო ვიდეოები და ა.შ. პედაგოგს პროგრამის საშუალებით შეეძლო მონიტორზე გაეზიარებინა როგორც თავისი, ასევე მოსწავლეთა სამუშაო პლატფორმები და ყველასათვის ეჩვენებინა პროცესი (Ocak & Baran, 2019).

კვლევაში ჩართული იყვნენ 4 საბუნებისმეტყველო საგნის მოქმედი პედაგოგები, როგორც მოხალისეები. მათ ჰქონდათ სხვადასხვა პედაგოგიური გამოცდილება და სწავლების პრაქტიკა. მას შემდეგ, რაც შერჩეულ იქნენ პედაგოგები, წარადგინეს ისინი სკოლის ადმინისტრაციასთან და დეტალურად დაიგეგმა სასწავლო პროცესი. მათ მიაღწიეს შეთანხმებას იმის შესახებ, რომ მოხდებოდა ჩატარებული გაკვეთილების ვიდეოგადაღება და ასევე პრე- და პოსტ- ვიდეოინტერვიუები პედაგოგებთან. გარდა ამისა, განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილდა მონაცემების შეგროვებაზე. უზრუნველყოფილი იყო, რომ პედაგოგის ნებართვის გარეშე ინფორმაცია სკოლის მენეჯმენტთან არ გაზიარებულიყო. ასევე, პედაგოგს ჰქონდა უფლება, ნებისმიერ დროს შეეწყვიტა სასწავლო პროცესი, თუ რამენაირად დაირღვეოდა მისი უფლებები. სკოლა რეგულარულად თანამშრომლობდა სხვადასხვა მკვლევართან და ჰქონდათ საერთო პროექტები, მოხალისე პედაგოგებისათვის ეს მნიშვნელოვანი იყო მათი პროფესიული განვითარების თვალსაზრისით.

მონაცემების შეგროვების პროცესი მოიცავდა პრე- და პოსტ- ვიდეოინტერვიუებისა და საკლასო ოთახში საგაკვეთილო პროცესის მიმდინარეობისას გადაღებული ვიდეოების ანალიზს. პრევიდეოინტერვიუს მიზანი იყო გაკვეთილის თემის იდენტიფიცირება და სასწავლო სტრატეგიებისა და ტექნოლოგიების გამოყენების დაგეგმვის შესახებ ინფორმაციის შეგროვება.

პოსტვიდეოინტერვიუს მიზანი იყო, გამოეკვლიათ, თუ როგორ ჩატარდა გაკვეთილი TPACK ჩარჩოს გამოყენებით. ინტერვიუს წინასწარ დადგენილი კატეგორიები იყო: გაკვეთილის მომზადება, გაკვეთილის ჩატარება, ხარვეზების დადგენა (გამოწვევები),

კლასის მართვა და სასწავლო პროცესის შეფასება. პოსტვიდეოინტერვიუს ანალიზი ასევე პედაგოგებს საშუალებას აძლევს, თვითონ დააკვირდნენ საკუთარ საქმიანობას.

2.2 TPACK ჩარჩო (Technological Pedagogical And Content Knowledge)

წარმოდგენილი ნაშრომის კვლევა ეფუძნება TPACK ჩარჩოს, შეისწავლის ტექნოლოგიების ინტეგრირებას საბუნებისმეტყველო საგნების სწავლების პროცესში და თანამშრომლობითი პროფესიული განვითარების (professional development - PD) როლს.

პროფესიული განვითარება (PD) არის მნიშვნელოვანი პროცესი, რომელიც მიზნად ისახავს პროფესიული უნარებისა და ცოდნის გაუმჯობესებას, რაც ხელს უწყობს კარიერული ზრდისა და წარმატების მიღწევას. კვლევები აჩვენებს, რომ ეფექტური პროფესიული განვითარება მოიცავს აქტიურ სწავლებას, შინაარსზე ფოკუსირებას და პრაქტიკაში მიღებული ცოდნის გადატანას (Nimante, D., 2025). მაგალითად, მასწავლებლების პროფესიული განვითარება, რომელიც ფოკუსირებულია კვლევაზე დაფუძნებული სწავლების მეთოდებზე, აჩვენებს, რომ ეს მიდგომა ხელს უწყობს მასწავლებლების ცოდნის გაღრმავებას და პრაქტიკის გაუმჯობესებას (Desimone, L. M., 2023).

TPACK განსაზღვრავს პედაგოგებისთვის საჭირო ცოდნას, რომლის მიხედვითაც მათ წარმატებით უნდა განახორციელონ ტექნოლოგიების ინტეგრირება საგაკვეთილო პროცესში. TPACK ჩარჩოს 2009 წლიდან დღემდე 1200-ზე მეტი სამეცნიერო სტატია დაეთმო სხვადასხვა ჟურნალში, 315-ზე მეტი სადისერტაციო ნაშრომი დაიწერა მის შესასწავლად და 28 წიგნის მთავარ თემას წარმოადგენს (Zhang & Tang, 2021).

TPACK ჩარჩოს განიხილავენ, როგორც ტექნოლოგიების ინტეგრაციის კომპლექსურ მოდელს სწავლების პროცესში (Mishra & Koehler, 2016). აღნიშნული ჩარჩო განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საბუნებისმეტყველო საგნების

მასწავლებლებისთვის, რომლებიც არა მხოლოდ უნდა ფლობდნენ საგნობრივ ცოდნას, არამედ უნდა ჰქონდეთ უნარი, ეს ცოდნა ტექნოლოგიების გამოყენებით ეფექტურად გადასცენ თავიანთ მოსწავლეებს. ბოლო წლებში TPACK მოდელი გახდა მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების (PD) მთავარი მიდგომა, რადგან ის ეხმარება პედაგოგებს, ტექნოლოგიური ინსტრუმენტები საგანმანათლებლო სტრატეგიებსა და კონკრეტული საგნის შინაარსს შესაბამისად დაუკავშირონ (Olaniyan & Uzorka, 2024).

TPACK ჩარჩო ასევე დინამიკურ მოდელს წარმოადგენს, რომელიც ხაზს უსვამს ტექნოლოგიების, პედაგოგიური და საგნობრივი ცოდნის ურთიერთკავშირს. ამ ჩარჩოს მიხედვით, ეფექტური სწავლება მოითხოვს არა მხოლოდ საგნობრივ ან ტექნოლოგიურ ცოდნას, არამედ მათი პედაგოგიურად სწორი ინტეგრაციის უნარს. ფიზიკის სწავლების კონტექსტში ეს გულისხმობს ისეთი ინსტრუმენტების გამოყენებას, როგორებიცაა სიმულაციები, ვირტუალური ლაბორატორიები და ინტერაქტიური დაფები, რაც მოსწავლეებისათვის საინტერესო და ეფექტიანი სასწავლო გარემოს შექმნას უწყობს ხელს (Taşar & Ergül, 2023).

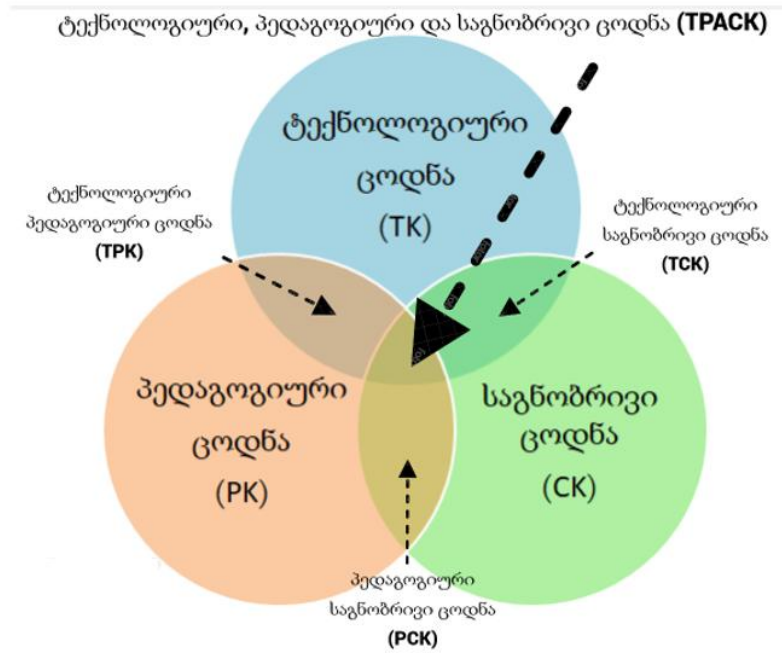
ტექნოლოგიური პედაგოგიური საგნობრივი ცოდნის (TPACK) ჩარჩო ისტორიულად დაიწყო როგორც TPCK და წარმოადგენდა პედაგოგიური საგნობრივი ცოდნის (PCK) გაფართოებას, რომელიც პირველად შემოგვთავაზა შულმანმა (1986). საინფორმაციო საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების (ICT) სწრაფი განვითარებისა და გავრცელების ხანაში, როდესაც ICT აღიარებულია, როგორც წარმატებული მეთოდი მოსწავლეთა 21-ე საუკუნის უნარ-ჩვევების გაუმჯობესებისთვის, PCK ჩარჩოც გაფართოვდა და მოიცვა ტექნოლოგიაც (TPACK) (Mishra & Koehler, 2006).

2001 წელს პირველად პირსონმა (Pierson, 2001) გამოიყენა TPCK (Technological Pedagogical Content Knowledge) ცნება (Zhang & Tang, 2021). პირსონი განიხილავდა TPCK-ს, როგორც PCK-ის (Pedagogical Content Knowledge) ტექნოლოგიურ კომპლექტს. ეს იყო მრავალმხრივი ცოდნის და აუცილებელი უნარების ერთიანობა

პედაგოგებისათვის, რომლებსაც უნდა ესწავლებინათ საგნები ტექნოლოგიების გამოყენებით. 2005 წელს, ნისმა (Niess, 2005) უარყო პირსონისეული TPACK-ის განმარტება და თქვა, რომ TPACK არ არის მხოლოდ გარკვეული ცოდნისა და უნარების ერთობლიობა, არამედ ის არის დინამიკური ცოდნის პროცესი, მათ შორის საგნობრივი ცოდნის განვითარება, ტექნოლოგიებისა და სწავლა-სწავლების პროცესის ცოდნა. ასევე მნიშვნელოვანია შემოქმედებითი აზროვნებაც, თუ როგორ უნდა დანერგონ პედაგოგებმა ტექნოლოგიები სწავლა-სწავლების პროცესში. ნისმა ფაქტობრივად შეცვალა TPACK-ის სტატუტური შინაარსი და მისი განმარტებით ის მეტად დინამიკური გახდა (Xu, Liu, Wang, & Zhang, 2013). იმავე წელს, კოლერმა და მიშრამ წარმოადგინეს TPACK-ის კონცეფცია (Koehler & Mishra, 2005) შულმანის PCK-ს განმარტებაზე დაყრდნობით (Shulman, 1986), (Shulman, 1987). 2006 წელს კოლერმა და მიშრამ დეტალურად წარმოადგინეს TPACK და გამოაქვეყნეს სტატია, სახელწოდებით- „*Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge* “ (Mishra, 2006).

ტომსონმა და მიშრამ (Thomson & Mishra, 2007) 2007 წელს შეცვალეს TPACK- ის სახელი და უწოდეს TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge). ახალი სახელიდან გამომდინარე, ეს არის სამი ერთმანეთთან დაკავშირებული და გამჭოლი ცოდნის ერთობლიობა. ესენია: საგნობრივი ცოდნა, პედაგოგიური განათლება და ტექნოლოგიური უნარები. TPACK ასევე ნიშნავს სრულ პაკეტს - Total Pack-age.

2008 წელს TPACK-ის შინაარსი წარმოდგენილი იყო 7 ელემენტით. სამი მთავარი ელემენტია: საგნობრივი ცოდნა (CK), პედაგოგიური განათლება (ცოდნა) (PK) და ტექნოლოგიური ცოდნა (TK); ასევე 3 კომპლექსური ელემენტია: პედაგოგიურ-საგნობრივი ცოდნა (PCK), ტექნოლოგიური საგნობრივი ცოდნა (TCK), ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნა (TPK) და ტექნოლოგიური, პედაგოგიური და საგნობრივი ცოდნა (TPACK). (Koehler, 2008), დიაგრამა 1.



დიაგრამა 1. TPACK ჩარჩო.²⁵

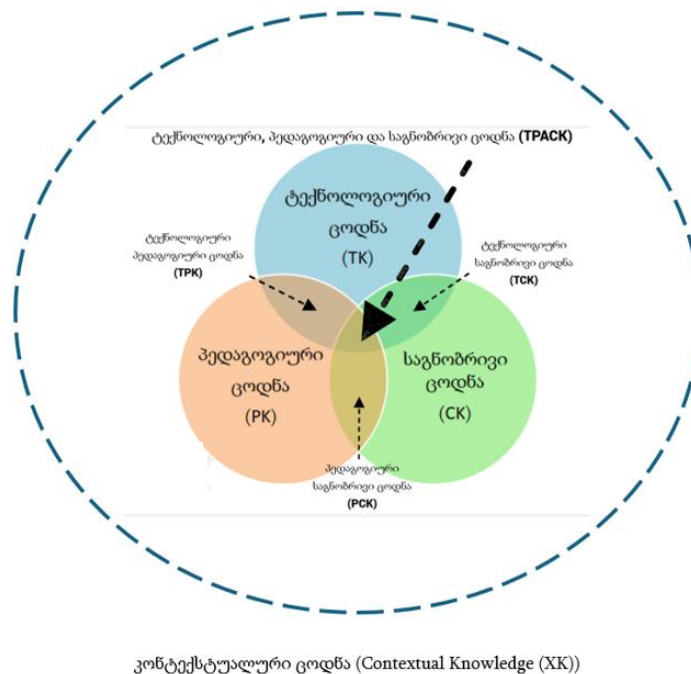
- საგნობრივ ცოდნას (CK) ფლობენ პედაგოგები, რომლებიც პასუხისმგებლები არიან საგნის საფუძვლიან სწავლებაზე.
- პედაგოგიური ცოდნა (PK) აქვთ პედაგოგებს, რომლებიც ფლობენ პედაგოგიურ მიდგომებს, სტრატეგიებსა და მეთოდებს, რომელთა მეშვეობითაც შეუძლიათ წახალისონ მოსწავლეები სასწავლო პროცესის მსვლელობისას.
- ტექნოლოგიურ ცოდნას (TK) ფლობენ მასწავლებლები, რომლებიც წარმატებით ახერხებენ ტრადიციული მეთოდებისა და ასევე ახალი ტექნოლოგიების ინტეგრირებას კურიკულუმში.
- ტექნოლოგიურ და საგნობრივ ცოდნას (TCK) ფლობენ პედაგოგები, რომლებსაც შეუძლიათ ტექნოლოგიებისა და საგნობრივი ცოდნის სინთეზური გამოყენება.

²⁵ <http://tpack.org/>

დღეს კი საგნობრივი ცოდნა ხშირად დამოკიდებულია ტექნოლოგიების მრავალმხრივ შესაძლებლობებზე.

- პედაგოგიურ და საგნობრივ ცოდნას (PCK) ფლობენ პედაგოგები, რომლებსაც შეუძლიათ თავიანთი საგანი წარუდგინონ მოსწავლეებს შესაბამისი მეთოდოლოგიის გამოყენებით, რათა შეძლებისდაგვარად დააკმაყოფილონ მთლიანი კლასის ინტერესი. შულმანის (Shulman, Lee, 1986) განმარტებიდან: „პედაგოგები უზრუნველყოფენ იმის გაგებას, თუ როგორ არის ცალკეული თემები, ამოცანები და პრობლემები ორგანიზებული, წარმოდგენილი და ადაპტირებული სხვადასხვა ინტერესისა და შესაძლებლობის მქონე მოსწავლისათვის და ასევე, ისინი წარმოადგენენ რელევანტურ ინსტრუქციებს.“
- ტექნოლოგიურ და საგნობრივ ცოდნას (TPK) ფლობენ მასწავლებლები, რომლებსაც შეუძლიათ ტექნოლოგიების გამოყენებით თავიანთი პედაგოგიური პრაქტიკის გამრავალფეროვნება.
- ტექნოლოგიური პედაგოგიური და საგნობრივი ცოდნის (TPACK) საერთო თანაკვეთაში ხვდებიან პედაგოგები, რომლებიც ფლობენ ცოდნას სამივე მიმართულებით (საგნობრივი ცოდნა, პედაგოგიური განათლება და ტექნოლოგიური ცოდნა). შესაბამისად, მათ აქვთ შემუშავებული სასწავლო პროცესის გაუმჯობესებაზე ორიენტირებული სტრატეგიები.

მიშრამ (Mishra, 2019) გარე წყვეტილი რგოლით შემოსაზღვრულ სივრცეს (დიაგრამა 2) უწოდა Contextual Knowledge (XK), რაც გულისხმობს პედაგოგების მიერ კონტექსტის ცოდნას. რაც შეეხება აბრევიატურას, „conteXtual Knowledge “ აღნიშნავენ CK-ს ნაცვლად XK-თი, რადგან მიაჩნიათ, რომ ამგვარად გამოსახვა უფრო შეესაბამება მის შინაარსს, რამდენადაც ზოგადად X ყოველთვის წარმოადგენს რაღაც გარკვეულ ცვლადს და თავად კონტექსტის ცოდნა ხშირად არის სწრაფად ცვალებადი (Mishra, 2019)



დიაგრამა 2. TPACK ჩარჩო XK-სთან ერთად.

ცხრილ 1-ში წარმოდგენილია TPACK ჩარჩოს ისტორიული განვითარების მოდელი (Zhang & Tang, 2021).

1986	შულმანი ამტკიცებდა, რომ პედაგოგიკა და კონტექსტის ცოდნა (PCK) უნდა განიხილებოდეს ერთად (Shulman, 1986).
2001	პირსონმა შემოიტანა TPCK ცნება (Pierson, 2001).
2005	ნისმა განაცხადა, რომ TPCK არ არის მხოლოდ გარკვეული უნარის ფლობა, არამედ ეს არის დინამიკური და შემოქმედებითი პროცესი (Niess, 2005).
2005	კოლერმა და მიშრამ გაამყარეს TPCK-ის ცნების შინაარსი და გამოაქვეყნეს ცნობილი სტატია „ <i>Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge</i> “ (Mishra, 2006).

2007	ტომსონმა და მიშრამ TPACK-ს შეუცვალეს სახელი და დაარქვეს TPACK (Thomson & Mishra, 2007).
2008	კოლერმა და მიშრამ წარმოადგინეს TPACK 8 ელემენტად (Koehler & Mishra, 2008).
2019	მიშრამ შემოიტანა ახალი განმარტება XK-ს სახით (Mishra, 2019).

ცხრილი 1. TPACK-ის ისტორიული განვითარების მოდელი.

საინტერესო და აღსანიშნავია ასევე ჩინეთის მაგალითიც: კვლევაში (Zhang & Tang, 2021) განხილულია 169 ნაშრომი, რომლებიც მოდიებული იყო „China National Knowledge Infrastructure (CNKI)“²⁶-ის ბაზაში, სადაც TPACK ჩარჩო განიხილეს როგორც დამწყები, ასევე მოქმედი პედაგოგების მაგალითზე. აღნიშნული კვლევა მიმდინარეობდა 4 მიმართულებით: „უცხოური გამოცდილებების დანერგვა მასწავლებელთა TPACK-ის მიმართულებით“, „დამწყები პედაგოგების TPACK-ის დონის განსაზღვრა და განვითარების გზები“, „მოქმედი მასწავლებლების TPACK-ის განვითარების გზები“ და „მასწავლებლების TPACK უნარების შესწავლა კონკრეტული საგნების მაგალითზე“; ჩატარდა სწავლების უფრო ღრმა ანალიზი ჩინეთის პედაგოგების მაგალითზე.

ციფრულ ეპოქაში კონსტრუქციული სწავლება და სწავლის პროცესები საჭიროებს შინაარსის, პედაგოგიკისა და ტექნოლოგიური ცოდნის კომპლექსური ურთიერთკავშირის ხაზგასმას (Willermark, 2018). ასევე, აღსანიშნავია, რომ ტექნოლოგიის გამოყენება ეფექტური სწავლებისა და სწავლის პროცესის გასაძლიერებლად მნიშვნელოვანი მიდგომაა (Voogt et al., 2009; Williams et al., 2004).

²⁶ <https://oversea.cnki.net/index/>

საინტერესოა, რომ 2005 წლიდან TPACK დიდი ყურადღების ქვეშ მოექცა მასწავლებლების მხრიდან და გახდა მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების მთავარი კომპონენტი (Chai, Chin, et al., 2013; Voogt et al., 2012).

კვლევებში აღნიშნულია, რომ TPACK ჩარჩო ასევე განსაზღვრავს მასწავლებლების მიერ ტექნოლოგიის ინტეგრაციის დროს წარმოშობილი სირთულეების დაძლევის (Sahin, 2011; Wang et al., 2004). TPACK ხელს უწყობს მასწავლებლებს, განივითარონ თავიანთი ტექნოლოგიური უნარ-ჩვევები. ეს უნარები მათ ეხმარება ეფექტურად გამოიყენონ ტექნოლოგიები, რაც სწავლების პროცესს უფრო შედეგიანსა და მრავალფეროვანს ხდის. ამ მიდგომით პედაგოგები ხელს უწყობენ მოსწავლეებს, რათა მათ უკეთ გაიაზრონ კონცეფციები და დაუკავშირონ ისინი რეალურ სამყაროს, რაც სწავლების პროცესს მეტად პრაქტიკულსა და საინტერესოს ხდის (Bowers & Stephens, 2011).

TPACK თეორიული ჩარჩო განიხილება როგორც ეფექტური მიდგომა, რომელიც ეხმარება მასწავლებლებს ICT-ის სასწავლო პროცესში ინტეგრირებისას წარმოქმნილი რთული პრობლემების გადაჭრაში. ამ ჩარჩოს გამოყენება საშუალებას აძლევს პედაგოგებს, წარმატებით გაუმკლავდნენ გამოწვევებს და სწავლების პროცესში ტექნოლოგიები უფრო შედეგიანად დანერგონ (Chai, Chin, et al., 2013).

ლიტერატურაში მრავლადაა TPACK-ის როლის შესახებ კვლევები. მაგალითად, ვოგტმა და მისმა თანაავტორებმა (2012) წარმოადგინეს ლიტერატურის მიმოხილვა, რომელიც მოიცავდა 56 კვლევას ოთხი მონაცემთა ბაზიდან 2005 წლიდან 2011 წლის სექტემბრამდე. ეს კვლევები მოიცავდა TPACK-ის თეორიული საფუძვლისა და პრაქტიკული გამოყენების შესწავლას. ასევე, უილერმარკმა (Willermark, 2018) მიმოიხილა TPACK-ის შესახებ 107 სამეცნიერო წყარო SSCI (Social Sciences Citation Index) მონაცემთა ბაზიდან 2011-2016 წლების პერიოდში.

როდრიგესის (Rodríguez, 2019) კვლევამ მოიცვა 37 ნაშრომი Web of Science და Scopus მონაცემთა ბაზებიდან 2005-2013 წლების პერიოდში. მათი კვლევა ფოკუსირებული იყო TPACK-თან დაკავშირებული პუბლიკაციების ანალიზზე.

სოლერ-კოსტამ (Soler-Costa, 2021) და კოლეგებმა ჩაატარეს მიმოხილვა, რომელშიც შედიოდა 471 სტატია Web of Science მონაცემთა ბაზიდან 2006-2019 წლებში (Soler-Costa et al., 2021). მათ გამოიკვლიეს TPACK-ის კონცეფციის მნიშვნელობა და მისი განვითარება. TPACK-ის კვლევის ტენდენციებისა და შესაძლო მიმართულებების შესახებ ინფორმაცია დაეხმარება მკვლევრებსა და პედაგოგებს, გაიგონ აღნიშნული მიმართულების განვითარების პროცესი და შემდეგ დაგეგმონ მომავალი კვლევები.

2010-2021 წლების პერიოდში TPACK-ის კვლევის თემატიკაზე გამოქვეყნებული სტატიების რაოდენობით გამოირჩევა 15 ქვეყანა (Irwanto, I., 2021). მოცემული მიმოხილვის ფარგლებში გაანალიზდა 106 დოკუმენტი. თითოეულ ნაშრომს მინიჭებული ჰქონდა მაქსიმალური 1 ქულა, რომლითაც მხოლოდ პირველი ავტორის ქვეყანა აღინიშნებოდა. ანალიზის საფუძველზე ჩანს, რომ აშშ (32.08%) TPACK-ის კვლევებში ყველაზე დიდი კონტრიბუციის მქონე ქვეყანაა, მას მოჰყვებიან თურქეთი (11.32%), ავსტრალია (9.43%), სინგაპური (8.49%) და ტაივანი (7.55%).

ცხრილი 2-ის მიხედვით, 7 ქვეყანაში თითოეულს 2 ნაშრომი აქვს. ყველაზე პროდუქტიულ ქვეყნებთან დაკავშირებით ჩანს, რომ TPACK-ის კვლევებში ხშირად განვითარებული ქვეყნები არიან ჩართული. საერთო ჯამში, 2021 წლის მონაცემებით, TPACK-ის პუბლიკაციების თითქმის 90%-ს 14 ქვეყანა აქვეყნებს.

რეიტინგი	ქვეყანა	გამოქვეყნებული სტატიების რაოდენობა	პროცენტი (%)
1	ამერიკის შეერთებული შტატები	34	32.08
2	თურქეთი	12	11.32
3	ავსტრალია	10	9.43
4	სინგაპური	9	8.49
5	ტაივანი	8	7.55
6	ჩინეთი	4	3.77
7	ნიდერლანდები	3	2.83
8	კვიპროსი	2	1.89
8	გერმანია	2	1.89
8	საბერძნეთი	2	1.89
8	ისრაელი	2	1.89
8	სამხრეთ აფრიკა	2	1.89
8	შვედეთი	2	1.89
8	ტაილანდი	2	1.89
სხვა ქვეყნები			10.38 ²⁷

ცხრილი 2. TPACK-ის კვლევის სფეროში 14 საუკეთესო ქვეყნის რეიტინგი

ასევე, ირვანტოს (Irwanto, 2021) კვლევაში წარმოდგენილია TPACK-ის კვლევის სფეროში ყველაზე ხშირად ციტირებული სტატიების სია, რომელთა უმეტესობაც გამოყენებულია წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში. აღსანიშნავია, რომ

²⁷ საქართველოში 2024 წელს 1 პუბლიკაცია გამოიცა, ხოლო 2025 წლის განმავლობაში კიდევ ორის გამოქვეყნებაა დაგეგმილი.

ციტირების რაოდენობა აღებულია Springer-ის მონაცემთა ბაზიდან. ნაშრომები დალაგდა TPACK-ის სფეროში ციტირების რაოდენობის კლებადობის მიხედვით.

ამ სიაში ყველაზე მეტი ციტირების მქონე ავტორები იყვნენ მინ-ჰსიენ ლი და ჩინ-ჩუნგ ცაი, მათი ნაშრომი 2010 წელს *Instructional Science*-ში გამოიცა (Lee & Tsai, 2010). აღნიშნული ნაშრომი მიზნად ისახავდა ვებზე დაფუძნებული ტექნოლოგიური, პედაგოგიური და საგნობრივი ცოდნის (TPCK-W) გამოკითხვის შემუშავებას, რომელიც იკვლევდა მასწავლებლების თვითეფექტურობას TPCK-W-ის მიმართ და მათი დამოკიდებულების შეფასებას ვებზე დაფუძნებულ სწავლებაზე. მათ შემდეგ მოდიან სიჰ-ჯონგ ჯანგი და კუან-ჩუნგ ჩენი 91 ციტირებით (Jang & Chen, 2010). მათი კვლევა ფოკუსირებული იყო ტექნოლოგიის ინტეგრირებაზე საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების მასწავლებლებისთვის TPACK-ის გასაძლიერებლად.

ირვანტოს (Irwanto, 2021) მიმოხილვამ აჩვენა, რომ 2010 წლიდან TPACK-ზე ლიტერატურა გამოჩნდა Springer-ის მონაცემთა ბაზაში, რაც ცხადყოფს, რომ ამ პერიოდში გამოქვეყნებული ნაშრომების რაოდენობა მკვეთრად გაიზარდა. სტატიების ყველაზე დიდი რაოდენობა გამოქვეყნდა 2015 წელს, შემდეგ კი 2020 წელს. გარდა ამისა, TPACK-ის თემატიკაზე გამოქვეყნებული ნაშრომები ყველაზე ხშირად ორი ავტორის მიერ არის დაწერილი (Irwanto, 2021).

2.3 ტექნოლოგიების (მობილური აპლიკაციების) ინტეგრირება საბუნებისმეტყველო განათლებაში

ტექნოლოგიების ინტეგრირება საბუნებისმეტყველო საგნებში, განსაკუთრებით ფიზიკის სწავლების პროცესში, ბოლო პერიოდში მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების კვლევების ცენტრალურ თემად იქცა. ტექნოლოგიური

ინსტრუმენტები, როგორებიცაა მობილური აპლიკაციები და სიმულაციები, საშუალებას აძლევს მოსწავლეებს, ვიზუალურად აღიქვან აბსტრაქტული კონცეფციები და ფიზიკის სწავლის პროცესში უფრო ინტერაქტიურად ჩაერთონ (Sánchez & Barrientos, 2019).

მობილური აპლიკაციების გამოყენებამ განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა შეიძინა, რადგან ის ხელს უწყობს მოსწავლეთა ჩართულობის, მოტივაციისა და ფიზიკის საკითხების გაგების გაუმჯობესებას. ლიი, ჩუნგ და ვეის (Lee, Chung & Wei, 2020) კვლევაში ნათქვამია, რომ მობილური ტექნოლოგიები მოსწავლეებს აძლევს შესაძლებლობას, დინამიკურად და პრაქტიკულად გამოიკვლიონ ფიზიკური მოვლენები, განსაკუთრებით იმ თემების შესწავლისას, რომელთა ვიზუალიზაცია და/ან ტრადიციული საკლასო გარემოში მასზე ექსპერიმენტის ჩატარება რთულია. მობილური აპლიკაციები, რომლებიც სიმულირებენ ფიზიკურ ექსპერიმენტებს და რეალურ დროში აჩვენებენ ფიზიკურ კონცეფციებს (მაგ., ძალა, მოძრაობა ან ენერგია), მოსწავლეებს ეხმარება შინაარსის უკეთესად გაგებაში (Sánchez & Barrientos, 2019).

დამატებით, დამაიანტი და კუსვანტოს (Damayanti & Kuswanto, 2021) კვლევებით დგინდება, რომ მობილური აპლიკაციებით სწავლება აუმჯობესებს მოსწავლეთა პრობლემის გადაჭრის უნარებს და ხელს უწყობს კრიტიკული აზროვნების განვითარებას, რაც ფიზიკაში წარმატებული სწავლის საფუძველს ქმნის. მობილური აპლიკაციების გამოყენება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მცირერესურსიან გარემოში, სადაც ეს აპლიკაციები ინოვაციურ გადაწყვეტას სთავაზობენ იმ მოსწავლეებს, რომელთაც არ აქვთ წვდომა სათანადოდ აღჭურვილ სამეცნიერო ლაბორატორიებზე.

გარდა ამისა, მობილური აპლიკაციები უზრუნველყოფს მყისიერ უკუკავშირს, რაც მნიშვნელოვანია სწავლის პროცესში. ზაი, ლიუ და ლი (Zhai, Liu & Li, 2022) აღნიშნავენ, რომ მყისიერი უკუკავშირი მოსწავლეებს ეხმარება გაუგებარი საკითხის გარკვევაში და

უკეთ სწავლაში. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ფიზიკის სწავლებისას, როცა მოსწავლეებს უჭირთ ცნებების გააზრება.

მობილური აპლიკაციები სულ უფრო აქტიურად გამოიყენება ფიზიკის სწავლებაში, რათა მოსწავლეები ჩართონ სასწავლო პროცესში და დაინერგოს მოსწავლეზე ორიენტირებული, აქტიური სწავლება. აპლიკაციები საშუალებას აძლევს მოსწავლეებს, თავიანთი მობილური ტელეფონებით ვირტუალურად ჩაატარონ ექსპერიმენტები და რეალურ დროში შეძლონ მონაცემების შეგროვება. სანჩესი და ბარიენტოსი (Sánchez & Barrientos, 2019) აღნიშნავენ, რომ მობილური აპლიკაციები ხელს უწყობს აბსტრაქტული საკითხების, როგორიცაა კვანტური მექანიკა ან ელექტრომაგნეტიზმი, ვიზუალიზაციას, რაც ტრადიციული სწავლების მეთოდებით საკმაოდ რთულია, ზოგჯერ კი შეუძლებელიც საკლასო გარემოში (Sánchez & Barrientos, 2019).

ზაი, ვანგისა და დაის (Zhai, Wang & Dai, 2022) მიერ ჩატარებულმა მეტაანალიზმა აჩვენა, რომ მობილური აპლიკაციებით სწავლება აუმჯობესებს მოსწავლეთა აკადემიურ მიღწევებს ინტერაქტიური, მოქნილი და ჩართულობის მხარდამჭერი სასწავლო გარემოების უზრუნველყოფით. მათი კვლევით დადასტურდა, რომ მობილური აპლიკაციები საშუალებას აძლევს მოსწავლეებს, თავიანთი შესაძლებლობის მიხედვით გაიაზრონ შესასწავლი კონცეფციები და საჭიროებისამებრ გაიმეორონ ექსპერიმენტები, რაც სწავლების პროცესს მეტად ინდივიდუალურს ხდის (Zhai, Wang, & Dai, 2022).

ზაის, ლისა და ჩენის (Zhai, Li & Chen, 2020) კვლევამ ყურადღება გაამახვილა მობილური ტექნოლოგიების როლზე ფიზიკის სწავლებისას პრობლემის გადაჭრის უნარების განვითარების კუთხით. კვლევამ აჩვენა, რომ მობილური აპლიკაციები, რომლებიც უზრუნველყოფს ინტერაქტიურ სავარჯიშოებსა და ტესტებს, მოსწავლეებს აძლევს შესაძლებლობას, იმუშაონ ფიზიკის ამოცანებზე და გაიღრმავონ ცოდნა ამა თუ

იმ საკითხის შესახებ. ეს პროცესები კი ხელს უწყობს საკითხის სიღრმისეულ გაგებას (Limniou, 2021).

ყოველივე ზემოთ განხილულის მიუხედავად, აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ტექნოლოგიების გამოყენება საგაკვეთილო პროცესში საკმაოდ საფრთხილოა, რადგან არასწორმა მიდგომამ შესაძლოა გამოიწვიოს მოსწავლეთა ყურადღების გაფანტვა და საერთო ჯამში მივიღოთ არასასურველი შედეგები (Fox, 2018).

ასევე საყურადღებოა, ტექნოლოგიების, მით უფრო სმარტფონის გამოყენებისას მოსწავლეებს არ სძლიოს ცდუნებამ და არ გაჩნდეს ემოციურ მიჯაჭვულობასთან დაკავშირებული პრობლემები (Rosen, Carrier, & Cheever, 2013). აღნიშნულში იგულისხმება ინტერნეტის არამიზნობრივი გამოყენება, ეკრანზე დამოკიდებულება, რაც მიმდინარე საუკუნის მნიშვნელოვანი გამოწვევაა ნებისმიერ ასაკობრივ კატეგორიაში.

თანამედროვე საგანმანათლებლო პროცესში მობილური აპლიკაციების გამოყენება მნიშვნელოვან როლს ასრულებს, თუმცა მათი არასწორი ინტეგრაცია შეიძლება გახდეს აკადემიური შედეგების გაუარესების მიზეზი (Kuznekoff & Titsworth, 2013). სხვადასხვა კვლევა აჩვენებს, რომ მოსწავლეთა ყურადღების გაფანტვა, გადაჭარბებული დამოკიდებულება ციფრულ ტექნოლოგიებზე და სოციალური მედიის გავლენა პირდაპირ აისახება განათლების ხარისხზე (Rosen, Carrier, & Cheever, 2013).

მობილური აპლიკაციები ხშირად ზედმეტად იპყრობს მოსწავლეთა ყურადღებას, რაც ამცირებს კონცენტრაციას სასწავლო მასალაზე. კვლევები აჩვენებს, რომ სმარტფონის გამოყენება გაკვეთილების მიმდინარეობის დროს იწვევს სასწავლო ინფორმაციის არასრულ აღქმას და ერთდროულად რამდენიმე საქმის შესრულებით (მულტიტასკინგის) გამოწვეულ პრობლემებს (Wood et al., 2012). მოსწავლეები ხშირად

ცდილობენ ერთდროულად გამოიყენონ სასწავლო აპლიკაციები და სოციალური ქსელები, რაც მათ კოგნიტიურ დატვირთვაზე მოქმედებს (Junco, 2012).

სოციალური ქსელების შეუსაბამო გამოყენება ამცირებს სასწავლო აქტივობების ეფექტურობას. მოსწავლეები ხშირად ირჩევენ სწრაფ ინფორმაციას დეტალური ანალიზის ნაცვლად, რაც ცალსახად ასუსტებს მათი კრიტიკული აზროვნების უნარს (Carr, 2010). გარდა ამისა, კიბერბულინგი და ონლაინსტრესი სოციალურ ქსელებში აქტიურობასთან დაკავშირებულია და შესაძლოა გავლენა ჰქონდეს მოსწავლეთა ემოციურ და აკადემიურ მდგომარეობაზე (Patchin & Hinduja, 2006).

ამ პრობლემების მართვისთვის აუცილებელია სწორი რეგულაციების შემუშავება. კვლევები რეკომენდაციას იძლევა, რომ გაკვეთილებზე მობილური აპლიკაციების გამოყენება უნდა მოხდეს მხოლოდ საგანმანათლებლო მიზნებით (Loh & Kanai, 2016). ამისთვის სკოლებსა და უნივერსიტეტებში უნდა შემუშავდეს ტექნოლოგიური პოლიტიკა, რომელიც ზღუდავს გაჯეტებზე გადაჭარბებულ დამოკიდებულებას (Kirschner & Karpinski, 2010).

მობილური აპლიკაციების ფართო გამოყენება განათლებაში გამოწვევებთანაა დაკავშირებული. მიუხედავად იმისა, რომ ციფრული ტექნოლოგიები სწავლას ხელს უწყობს, მათი არამიზნობრივი გამოყენება ნეგატიურ გავლენას ახდენს მოსწავლეთა აკადემიურ მიღწევებზე.

2.5 თანამშრომლობითი პროფესიული განვითარება ტექნოლოგიების ინტეგრირების მიმართულებით

თანამშრომლობითი სწავლება არის სასწავლო მიდგომა, რომელიც ეფუძნება ჯგუფურ და საერთო მიზნების მიღწევის პროცესში პედაგოგებისა თუ მოსწავლეების

ერთობლივ მუშაობას. ეს მეთოდი განსაკუთრებით აღიარებულია, როგორც ეფექტური სტრატეგია, რომელიც ხელს უწყობს ცოდნის აქტიურ მიღებასა და კონცეფციების ღრმა გაგებას, ცოდნის გაცვლას და უნარების განვითარებას (Marreh & Velankar, 2024).

აკადემიური თვალსაზრისით, თანამშრომლობითი სწავლება გულისხმობს მუშაობას მცირე ჯგუფებში, სადაც თითოეული წევრი აქტიურად მონაწილეობს დავალებების შესრულებაში და ერთმანეთისთვის უკუკავშირის მიცემაში, ისინი ქმნიან იდეებს და ერთმანეთისგან სწავლობენ (Kumar, S. 2021). სწავლების ეს მეთოდი ხაზს უსვამს თანამონაწილეობას, რაც გულისხმობს:

- კომუნიკაციის უნარების განვითარებას: მონაწილეები სწავლობენ, როგორ გაიაზრონ და გააზიარონ იდეები თანაგუნდელებთან;
- კრიტიკული აზროვნების განვითარებას: ჯგუფურ დისკუსიებში მონაწილეობით აქტიურად განისაზღვრება პრობლემების გადაწყვეტის გზები;
- გუნდური მუშაობის პრაქტიკას: თითოეული წევრი პასუხისმგებელია ჯგუფის წარმატებაზე და თავისი წვლილი შეაქვს საერთო მიზნის მიღწევაში.

თანამშრომლობითი სწავლების ძირითადი პრინციპები მოიცავს:

1. მოსწავლეზე ორიენტირებულობას: აქცენტი კეთდება მოსწავლეების დამოუკიდებლობასა და მათი შესაძლებლობების გაძლიერებაზე;
2. გზამკვლევის როლს: პედაგოგი ხდება ფასილიტატორი, რომელიც წარმართავს პროცესს და არ არის უბრალოდ ცოდნის მიმწოდებელი;
3. ურთიერთსწავლების პროცესს: ჯგუფის წევრები სწავლობენ ერთმანეთისგან იდეების, გამოცდილებისა და ცოდნის გაზიარების გზით.

კვლევებმა აჩვენა, რომ თანამშრომლობითი სწავლება მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს ისეთ უნარების განვითარებას, როგორებიცაა პრობლემის გადაჭრა, ლიდერობა,

ემოციური ინტელექტი და ინოვაციური აზროვნება. მისი გამოყენება შესაძლებელი იქნება არა მხოლოდ აკადემიურ გარემოში, არამედ პროფესიულ სფეროებშიც (Kumar, S. 2021).

უილიამისის (Williams, 2018) ნაშრომი იკვლევს თანამშრომლობითი სწავლების სხვადასხვა სტრატეგიას და მათ გავლენას მოსწავლეების სწავლის შედეგებსა და საერთო პიროვნული განვითარების პროცესზე. არსებული ლიტერატურის მიმოხილვის საფუძველზე კვლევა ხაზს უსვამს თანამშრომლობითი სწავლების მნიშვნელობას კრიტიკული აზროვნების, კომუნიკაციის უნარებისა და გუნდური მუშაობის ხელშეწყობისთვის (Williams, 2018).

გარდა ამისა, ნაშრომი განიხილავს, როგორ უწყობს ხელს თანამშრომლობითი სწავლების სტრატეგიები მხარდამჭერი სასწავლო საზოგადოების შექმნას, მოსწავლეების მოტივაციის გაზრდასა და სოციალურ ინტეგრაციას. ამასთან, ნაშრომში წარმოდგენილია პრაქტიკული რეკომენდაციები და შემოთავაზებები პედაგოგებისთვის, რათა ეფექტურად დანერგონ თანამშრომლობითი სწავლების სტრატეგიები საგანმანათლებლო გარემოში.

თანამშრომლობითი სწავლება მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების (PD) ფარგლებში, განსაკუთრებით ტექნოლოგიების ინტეგრაციის კონტექსტში, ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ მოდელად ჩამოყალიბდა (Siyam et al., 2025). მასწავლებლები, რომლებიც თანამშრომლობენ პროფესიული სწავლის საზოგადოებებთან (PLCs- Professional Learning Communities), მეტად ივითარებენ უნარებს და იძენენ ცოდნას, რაც აუცილებელია ტექნოლოგიების ეფექტური გამოყენებისთვის (Vongkulluksn & So, 2021). PD პროგრამები, რომლებიც თანამშრომლობით სწავლებას ეფუძნება, მასწავლებლებს აძლევს შესაძლებლობას, გაუზიარონ გამოცდილება, განიხილონ გამოწვევები და ერთობლივად შეიმუშაონ სტრატეგიები ტექნოლოგიების სასწავლო პროცესში ინტეგრირებისთვის.

პროფესიული განვითარების პროგრამები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მასწავლებლების პროფესიული უნარების განვითარებასა და პრაქტიკის დახვეწაზე, რაც აუმჯობესებს მათ სამუშაოს ხარისხს და ასევე სამომავლო პერსპექტივებს. ლიტერატურაში პროფესიული განვითარების მნიშვნელობა ხშირად ხაზგასმულია, როგორც ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორი, რომელიც ხელს უწყობს ცოდნის გაღრმავებას, ახალი მიდგომების დანერგვას და ყოველდღიურ პრაქტიკაში ინოვაციების გამოყენებას (Olaniyan & Uzorka, 2024).

ტექნოლოგიების ინტეგრირების პროგრამები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა, რადგან თანამედროვე საგანმანათლებლო სისტემებში ტექნოლოგიების გამოყენება გახდა წარმატების აუცილებელი პირობა. აღნიშნული პროგრამები მასწავლებლებს აძლევს საშუალებას, უფრო ეფექტურად გამოიყენონ ციფრული ხელსაწყოები და მეთოდები, რაც გავლენას ახდენს სწავლების ხარისხზე (Timotheou et al., 2023).

პროფესიული განვითარების პროგრამები არა მხოლოდ ახალი ცოდნის შეძენასა და პრაქტიკული უნარების განვითარებას უწყობს ხელს, არამედ მოქმედებს მონაწილეთა მოტივაციასა და კარიერულ პერსპექტივებზე (Shahzad & Khan, 2023). მნიშვნელოვანია, რომ პროფესიული განვითარების პროგრამები იყოს ინოვაციური, მდგრადი და პრაქტიკული, რათა მათ ჰქონდეთ ხანგრძლივი და ეფექტური გავლენა.

ფიუტერერის, ომარჩევსკას, როუზენბერგისა და ფიშერის (Fütterer, Omarchevska, Rosenberg & Fischer, 2019) კვლევებმა აჩვენა, რომ PD პროგრამები მნიშვნელოვნად ზრდის მასწავლებელთა თავდაჯერებულობას ტექნოლოგიების გამოყენებაში და მათ უნარს, ეს ტექნოლოგიები ჩართონ რეალურ საგაკვეთილო პროცესში. მნიშვნელოვანია, რომ პროფესიული განვითარების პროგრამები იყოს თანმიმდევრული და ხანგრძლივი. მოკლევადიანი პროგრამები ხშირად ნაკლებად ეფექტურია, რადგან მონაწილეებისთვის ახალი ცოდნის დამკვიდრება და პრაქტიკაში

დანერგვა დროს საჭიროებს. მდგრადი მხარდაჭერა და განმეორებითი ტრენინგები ხელს უწყობს პროგრამის სარგებლიანობის გაზრდას.

პროფესიული განვითარების პროცესში ყურადღება უნდა გამახვილდეს ინდივიდუალური საჭიროებების გათვალისწინებაზე. მაგალითად, მასწავლებლები ხშირად მუშაობენ სხვადასხვა ტიპის კლასებში და განსხვავებულ კონტექსტებში, რაც განსაზღვრავს მათ განსაკუთრებულ მოთხოვნებს. შედეგად, ეფექტური PD პროგრამები ორიენტირებულია თითოეული მასწავლებლის პრაქტიკულ და კონკრეტულ საჭიროებებზე, რათა მათი საქმიანობა უფრო მიზანშეწონილი და პროდუქტიული გახდეს (Hendrickx et al., 2025).

კვლევები ასევე მიუთითებს, რომ წარმატებული PD პროგრამები ინოვაციურია და აერთიანებს ისეთ მიდგომებს, როგორიცაა კვლევაზე დაფუძნებული სწავლება და ტექნოლოგიების ინტეგრაცია. ამასთან, თანამშრომლობის მექანიზმები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რადგან მასწავლებლებს შორის გამოცდილების და ცოდნის გაზიარება აძლიერებს ახალი ცოდნის შეძენის პროცესს და ქმნის უფრო ძლიერ პროფესიულ ქსელს. გარდა ამისა, თანამშრომლობითი სტრატეგიების გამოყენება PD პროგრამებში ხელს უწყობს მონაწილეების ჩართულობას და მოტივაციას (Ahmad et al., 2022).

კვლევები თანამშრომლობითი PD-ის შესახებ აჩვენებს, რომ მასწავლებლები უფრო მეტ სარგებელს იღებენ კოლეგების სწავლების გამოცდილებიდან, როცა იდეებს ცვლიან და საკუთარ პედაგოგიურ პრაქტიკებზე ფიქრობენ (Hendrickx et al., 2025). თანამშრომლობითი PD მოდელები ასევე უზრუნველყოფს მასწავლებლებისთვის მუდმივ მხარდაჭერასა და უკუკავშირს, რაც აუცილებელია სწავლების პრაქტიკის გრძელვადიანი ცვლილებებისთვის (Chai et al., 2016).

საბუნებისმეტყველო საგნების მასწავლებლებისთვის თანამშრომლობითი სწავლების მოდელი განსაკუთრებით სასარგებლოა, რადგან იგი საშუალებას აძლევს მათ,

ერთობლივად იმუშაონ საერთო გამოწვევებზე, რომლებიც დაკავშირებულია როგორც საგნობრივ კონტექსტთან, ასევე ტექნოლოგიების გამოყენებასთან, სწორედ კონტექსტის გათვალისწინებით (Chai et al., 2016).

2.6 ტექნოლოგიების ინტეგრირების გამოწვევები

ტექნოლოგიების ინტეგრირებას საგაკვეთილო პროცესში, მისი მრავალფეროვანი სარგებლიანობის მიუხედავად, მრავალი გამოწვევა ახლავს თან, განსაკუთრებით ფიზიკის სწავლების მაგალითზე. ერთ-ერთი მთავარი დაბრკოლება მასწავლებლების მცდარი წარმოდგენებია ტექნოლოგიების შესახებ, და ასევე, იმ უნარების ნაკლებობა, რომლებიც საჭიროა გაკვეთილის მსვლელობისას მათი ეფექტური გამოყენებისთვის (Pokhrel, 2024). პარკერის (Parker, 2019) კვლევის მიხედვით, ბევრი მასწავლებელი არ არის მზად, შეისწავლოს ახალი ტექნოლოგიები, რაც შეიძლება გახდეს მიზეზი იმ წინააღმდეგობისა, რომელიც მათ კლასში ინსტრუმენტების დანერგვისას აქვთ. გარდა ამისა, აღსანიშნავია სკოლის მხარდაჭერის ნაკლებობა, რაც მოიცავს რესურსების სიმწირეს და ტრენინგის არასაკმარის და არაეფექტურ ჩატარებას, ეს კი ერთმნიშვნელოვნად აფერხებს ტექნოლოგიების დანერგვას სასწავლო გარემოში (Shen et al., 2024).

ამ გამოწვევების დაძლევა მოითხოვს მუდმივ პროფესიულ განვითარებასა და ინსტიტუციურ მხარდაჭერას. PD პროგრამები, რომლებიც აქცენტს TPACK ჩარჩოს განვითარებაზე აკეთებს და თანამშრომლობით სწავლებას უწყობს ხელს, უზრუნველყოფს საჭირო მხარდაჭერას, რათა მასწავლებლებმა გაიუმჯობესონ თავიანთი ტექნოლოგიური კომპეტენციები და უფრო ეფექტურად მოახდინონ ტექნოლოგიების ინტეგრირება პრაქტიკაში (Vongkulluksn & So, 2021). ამასთან, PD პროგრამები უნდა მოიცავდეს არა მხოლოდ ტექნოლოგიურ ტრენინგებს, არამედ

პედაგოგიური და საგნობრივი ცოდნის ინტეგრაციას, რათა მაქსიმალურად ეფექტურად იქნეს გამოყენებული შეთავაზებული ინსტრუმენტები.

ტექნოლოგიების ინტეგრირება ფიზიკის სწავლებისას აუმჯობესებს მოსწავლეთა ჩართულობას, საკითხის მეტად გაგებას და პრობლემის გადაჭრის უნარებს (Faresta et al., 2024). თანამშრომლობითი პროფესიული განვითარების პროგრამები აუცილებელია მასწავლებლების კომპეტენციების გასაუმჯობესებლად, ხოლო PD პროგრამები მუდმივად უნდა განახლდეს თანამედროვე საჭიროებების შესაბამისად ტექნოლოგიების ინტეგრირების კუთხით (Todorova & Osburg, 2010; Rosales, 2021).

მასწავლებლები ხშირად ხაზგასმით აღნიშნავენ, რომ კვირაში 2 საათი საგნის სწავლებისთვის, რაც მოიცავს როგორც სწავლების, ასევე შეფასების პროცესს, არასაკმარისია (Boeskens & Nusche, 2021). ამ შეზღუდული დროის პირობებში მათ ხშირად უწევთ დამატებითი სამუშაოების შესრულება, როგორცაა მოსწავლეების დავალებების შემოწმება, საგაკვეთილო გეგმების შედგენა და სხვადასხვა აქტივობები სახლში, არასამუშაო დროს, რაც პროფესიულ დატვირთვას აჭარბებს. ამიტომ, ტექნოლოგიების კურსების შეთავაზებისას მნიშვნელოვანია დროის სწორი მართვა, რათა მათ შესაძლებლობა ჰქონდეთ, ეფექტურად შეისწავლონ და გამოიყენონ ახალი სტრატეგიები მოცემულ პერიოდში. ამასთანავე, გადამწყვეტია ტექნოლოგიის სარგებლის სწორად აღქმა და მისი პრაქტიკული ინტეგრირება სამუშაო გარემოში (Knowles, Holton & Swanson, 2005).

ერთ-ერთი მთავარი გამოწვევა ტექნოლოგიის ინტეგრირებისას პროფესიულ განვითარებაში, არის თავად პედაგოგების ჩართულობა (Montero-Mesa et al., 2023). მასწავლებლებმა, რომლებიც პროფესიულ განვითარებას ისახავენ მიზნად, უნდა გამონახონ საკმარისი დრო, რადგან ტექნოლოგიების ინტეგრირების შესწავლის პროცესი მოითხოვს ხანგრძლივ პერიოდს. ამიტომაც არის, რომ მოკლევადიან სასწავლო ტრენინგებს არ აქვს დადებითი ეფექტი (Smith et al., 2023). ასევე მნიშვნელოვანი გამოწვევების წინაშე ვდგებით მაშინ, როდესაც გარემო ფაქტორებიც

იჩენს თავს, როგორიცაა: ინფრასტრუქტურა, კლასის მზაობის დონე და სხვა, რამაც შეიძლება გავლენა იქონიოს პროცესის ხარისხიანად წარმართვაზე (Zorde & Lapidot-Lefler, 2025). ამისათვის მნიშვნელოვანია შედგენილი იყოს დროში გაწერილი გეგმა, ასევე, აუცილებელი ფაქტორია უზრუნველყოფილი იყოს სწორი კომუნიკაცია სკოლის ადმინისტრაციას, პედაგოგსა და პედაგოგების გადამზადების ცენტრს შორის (Naparan & Tulod, 2021).

3. მეთოდოლოგია

საკვლევი საკითხის სპეციფიკიდან გამომდინარე, შეირჩა შერეული (MMR-Mixed Methods Research) - როგორც თვისებრივი კვლევის, ასევე რაოდენობრივი ანალიზის მეთოდი (Judith Schoonenboom, 2017). თვისებრივი და რაოდენობრივი კვლევის წარმართვამ საშუალება მოგვცა, სიღრმისეულად შეგვესწავლა სასწავლო პროცესში ტექნოლოგიების ინტეგრაციის კუთხით არსებული მდგომარეობა და მასთან დაკავშირებული სპეციფიკა (Morse, 1991). დისერტაციაში განხორციელებული კვლევის ფარგლებში თვისებრივი და რაოდენობრივი მეთოდები ასრულებდა დამხმარე ფუნქციას და ემსახურებოდა ტრენინგ მოდულის კონსტრუქციული დიზაინის შექმნის ძირითად მიზანს.

შერეული კვლევის მეთოდი, როგორც რაოდენობრივი და თვისებრივი კვლევების კომბინაცია, წარმოადგენს სპეციფიკური მნიშვნელობის მქონე კვლევის დიზაინს, რომელიც იძლევა უფრო ღრმა და მრავალმხრივი ანალიზის შესაძლებლობას. აღნიშნული მეთოდი განსაკუთრებით ეფექტურია, როდესაც საჭიროა კომპლექსური საკითხების კვლევა, რომელთა გასააზრებლად აუცილებელია მონაცემების სხვადასხვა ტიპის სინთეზი და ინტეგრირება (Plano Clark & Ivankova, 2024).

შერეული კვლევის მეთოდის ძირითადი არსი მდგომარეობს რაოდენობრივი და თვისებრივი მონაცემების ერთმანეთთან დაკავშირებაში. რაოდენობრივი მონაცემები, უზრუნველყოფს კვლევის შედეგების ციფრულ და ობიექტურ წარმოდგენას, ხოლო თვისებრივი მონაცემები, მათ შორის ინტერვიუები და დაკვირვებები, აღწერს პედაგოგების გამოცდილებებსა და მათ პერსპექტივებს.

შერეული კვლევის მეთოდი გამოირჩევა მნიშვნელოვანი უპირატესობებით (Plano Clark & Ivankova, 2024):

1. **მრავალმხრივი მონაცემების გამოყენება:** კვლევის დიზაინში მონაცემების ორმაგი წყაროების ინტეგრირება უზრუნველყოფს უფრო მყარ და მრავალფეროვან მონაცემებს.
2. **გამოკვლევების ღრმა ანალიზი:** რაოდენობრივი მონაცემების სიზუსტე და თვისებრივი მონაცემების დეტალები უზრუნველყოფს ყოვლისმომცველ გაგებას.
3. **მრავალმხრივი პერსპექტივა:** შერეული კვლევის მეთოდი ქმნის მრავალმხრივ ანალიზს, რომელიც საშუალებას იძლევა, შეფასდეს პრობლემა როგორც რაოდენობრივი, ისე თვისებრივი ხედვით.

ამ მეთოდის გამოყენება შესაძლებელია სხვადასხვა დისციპლინაში, მათ შორის განათლებაში, ფსიქოლოგიაში, სოციოლოგიაში და ჯანდაცვის კვლევებში. ქრისველისა და კლარკის (Creswell & Clark, 2011) კვლევა ხაზს უსვამს შერეული კვლევის მეთოდის მნიშვნელობას კომპლექსური პრობლემების კვლევისას და მონაცემების ინტეგრირების საჭიროებას. ბრაიმენი (Bryman, 2006) კი განიხილავს შერეული მეთოდის გამოყენების პრაქტიკულ ასპექტებს:

1. **მონაცემების ინტეგრირება:** რაოდენობრივი და თვისებრივი მონაცემების ინტეგრირება რთული პროცესია და მოითხოვს დამატებით რესურსებს.
2. **დრო და რესურსები:** შერეული კვლევის მეთოდი, როგორც წესი, მოითხოვს უფრო მეტ დროს და მატერიალურ რესურსს, ვიდრე მონომეთოდური კვლევა.

შერეული კვლევის მეთოდი წარმოადგენს მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს მეცნიერების მრავალმხრივი და კომპლექსური პრობლემების შესწავლისთვის და მიუხედავად გამოწვევებისა, უზრუნველყოფს მონაცემების ღრმა, სრულყოფილ და მრავალმხრივ ანალიზს, რაც მნიშვნელოვანია კვლევის სანდოობისა და შედეგების სიღრმის გასაუმჯობესებლად (Creswell & Creswell, 2023).

კვლევის თვისებრივი და რაოდენობრივი მეთოდები წარმოადგენს ფუნდამენტურ ინსტრუმენტებს, რომლებიც განსაზღვრავს სამეცნიერო ნაშრომის ხარისხსა და შედეგების სანდოობას (Van Nes et al., 2023).

თვისებრივი კვლევა არ არის დაკავშირებული რიცხობრივ რეპრეზენტაციასთან, არამედ ფოკუსირდება კონკრეტული პრობლემის სიღრმისეულ გაგებაზე. ამ ტიპის კვლევაში მკვლევარი არის სუბიექტიც და ობიექტიც. თვისებრივი მეთოდოლოგიის მიზანია სიღრმისეული და ილუსტრაციული ინფორმაციის შექმნა, რათა გავიგოთ საკვლევი პრობლემის სხვადასხვა განზომილება (Silberzahn et al., 2021).

წარმოდგენილი ნაშრომის კვლევის პროცესში გამოიყენება როგორც რაოდენობრივი, ასევე თვისებრივი ინსტრუმენტები, რაც უზრუნველყოფს მონაცემების ღრმა და მრავალმხრივ ანალიზს.

კვლევაში გამოყენებულია დიზაინის კვლევის მეთოდი. დიზაინის კვლევა მოიცავს თეორიული საფუძვლების, მეთოდოლოგიური მიდგომების, მიღწევებისა და მათი პრაქტიკაში გამოყენების კომპლექსურ განხილვას, რაც ხაზს უსვამს მის არსებით როლს თანამედროვე ცოდნაში. მისი წარმოშობა უკავშირდება არქიტექტურისა და ხელოვნების სფეროებს, სადაც დიზაინი განიხილებოდა, როგორც ფორმისა და ესთეტიკის პრინციპი. დროთა განმავლობაში დიზაინის კვლევა განვითარდა და მოიცვა ისეთი დისციპლინები, როგორებიცაა ინჟინერია, ტექნოლოგია და სხვა. თანამედროვე პერიოდში დიზაინის კვლევა დაფუძნებულია ფუნქციონალიზმისა და სისტემური აზროვნების თეორიებზე, რაც დიზაინის პროცესის ღრმა გააზრებას უწყობს ხელს (Jordan, 2024).

დიზაინის კვლევაში გამოყენებული მეთოდები მრავალფეროვანია და მოიცავს რაოდენობრივ და თვისებრივ მიდგომებს. ამ მეთოდოლოგიების გამოყენება საშუალებას იძლევა, უკეთ განისაზღვროს მომხმარებლის ქცევები, დიზაინის ტესტირებისა და პროცესის ეფექტურობა. შერეული მეთოდოლოგიები

განსაკუთრებით გამოსადეგია, რადგან ისინი აერთიანებს კვლევის სხვადასხვა მידგომას უფრო კომპლექსური შედეგების მისაღწევად (Vaezi et al., 2019).

დიზაინის კვლევის მომავალი პერსპექტივები მნიშვნელოვნად ორიენტირებულია ისეთი ახალი ტექნოლოგიების ინტეგრირებაზე, როგორებიცაა ხელოვნური ინტელექტი და ვირტუალური რეალობა. ამასთან, იზრდება ყურადღება ეთიკურ და მდგრად დიზაინზე, რაც ხელს უწყობს გლობალური გამოწვევების გადაჭრას. დიზაინის კვლევის განვითარება ახალ მეთოდოლოგიებსა და მიდგომებს მოიცავს, რაც ინოვაციური და პრაქტიკული გადაწყვეტილებების უზრუნველყოფას ისახავს მიზნად (Jordan, 2024).

მიმდინარე კვლევის საწყის ეტაპზე ჩატარდა ე. წ. სამაგიდო კვლევა (Desk Study). სამაგიდო კვლევა არის კვლევის მეთოდი, რომელიც ეფუძნება არსებული მონაცემების და ინფორმაციის ანალიზს ახალი მონაცემების შეგროვების გარეშე. იგი ფართოდ გამოიყენება ბიზნესში, აკადემიურ სფეროში და პოლიტიკის შემუშავებაში. სამაგიდო კვლევა ემყარება წინასწარ ხელმისაწვდომ მასალებს, როგორებიცაა ანგარიშები, სტატისტიკა, სამეცნიერო სტატიები, წიგნები და ონლაინ მონაცემთა ბაზები. ეს მეთოდი უზრუნველყოფს სწრაფი და დაბალფასიანი ანალიზის შესაძლებლობას.²⁸

სწორედ კვლევის საწყისი ეტაპი დაეთმო საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს მხრიდან გასაჯაროებული ინიციატივების შესწავლასა და ანალიზს. ამან საშუალება მოგვცა, განგვესაზღვრა სახელმწიფოს თანამონაწილეობის ხარისხი ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დანერგვასთან დაკავშირებით. ინფორმაციის მოპოვების ძირითადი წყარო იყო სამინისტროს და მისი სსიპ-ების (საჯარო სამართლის იურიდიული პირი) ოფიციალურ ვებგვერდებზე განთავსებული რესურსები. მუშაობა ამ მიმართულებით ჩატარდა და შეგროვებული მონაცემების მიმოხილვა გაკეთებულია თემის აქტუალურობის ნაწილში. სახელმწიფო

²⁸ [What Is Desk Research? Meaning, Methodology, Examples](#)

ინიციატივების უკეთ შესწავლის მიზნით ასევე ჩატარდა ინტერვიუ მასწავლებლის პროფესიული განვითარების ცენტრის საბუნებისმეტყველო საგნების/ფიზიკის და ტექნოლოგიების ექსპერტებთან.

3.1 ფიზიკის მასწავლებლების ტექნოლოგიური უნარების თვითშეფასება საქართველოში (რაოდენობრივი კვლევა)

რაოდენობრივი კვლევის ჩასატარებლად გამოვიყენე TPACK კითხვარი²⁹. მოსამზადებელი ეტაპი დაეთმო კითხვარის თარგმნას და ადაპტირებას საქართველოს რეალობისთვის. კითხვარის სპეციფიკის განსაზღვრა და საქართველოს რეალობაზე მორგება მნიშვნელოვანია ინფორმაციის სწორი ანალიზისათვის. ამ მიზნით, გავეცანი და გავითვალისწინე სხვა ქვეყნების გამოცდილება (Schmid, Brianza, & Petko, 2020). კვლევის პროცესში მონაცემების შეგროვებისას ყურადღება დაეთმო დემოგრაფიულ ინფორმაციასაც (გენდერი, ასაკობრივი ჯგუფი, განათლების მიმართულება, აკადემიური სტატუსი და ა.შ) (Schmidt, 2009).

3.1.1 მონაცემთა შეგროვება

რაოდენობრივი კვლევის ჩასატარებლად, მონაცემთა შეგროვების მიზნით, გამოვიყენე „საქართველოს ფიზიკის მასწავლებელთა ასოციაციის“ (მისი მიზანია ფიზიკის სწავლა - სწავლების ხელშეწყობა და ფიზიკის მასწავლებლების პროფესიული ზრდისთვის ახალი შესაძლებლობების შექმნა) ბაზა. ეს ასოციაცია შეიქმნა 2023 წელს და მასში ამ დროისათვის 400-ზე მეტი ფიზიკის მასწავლებელია გაწევრიანებული.³⁰

²⁹ იხ. დანართი 1.

³⁰ <https://www.facebook.com/PTAGe22>

საქართველოს ფიზიკის მასწავლებელთა ასოციაციის წევრი მასწავლებლები შესაძლოა დახასიათდნენ, როგორც მოტივირებულები და ინოვაციების მიმართ კეთილგანწყობილები. ისინი აქტიურად ინტერესდებიან საგანმანათლებლო ტექნოლოგიებით, მეცნიერების პოპულარიზაციით და თანამედროვე მიდგომების ინტეგრირებით სასწავლო გარემოში.

კვლევაში მონაწილეობდნენ მასწავლებლები როგორც საჯარო, ასევე კერძო სკოლებიდან მთელი საქართველოს მასშტაბით. მათი ასაკი მერყეობდა 22-დან 75 წლამდე. შესაბამისად, მათი სწავლების გამოცდილებაც განსხვავებული იყო. მონაწილეთა შორის იყვნენ როგორც დამწყები მასწავლებლები ერთწლიანი გამოცდილებით, ასევე გამოცდილი - ვისაც 30 წელზე მეტი სწავლების გამოცდილება აქვთ.

3.1.2 რაოდენობრივი კვლევის პროცესის აღწერა

მონაცემების შეგროვებისთვის გამოყენებულია TPACK-ის თარგმნილი და ადაპტირებული კითხვარი. კითხვარმა ასევე გაიარა ვალიდაციის პროცესი, რომელშიც მონაწილეობა მიიღო საბუნებისმეტყველო საგნების ათმა პედაგოგმა. აღსანიშნავია, რომ კვლევაში ფიზიკის მასწავლებელთა ასოციაციის წევრების (იმ დროისთვის 400-მდე მასწავლებელი) 33%-მა მიიღო მონაწილეობა.

მონაცემები შეგროვდა Google Form-ის საშუალებით. მასწავლებლებს ელფოსტის საშუალებით გაეგზავნათ კითხვარის ელექტრონული ფორმები.

სულ მიღებული გვაქვს 135 მონაცემი, სადაც გამოყოფილია 4 ძირითადი კონსტრუქტი (TPCK, TPK, TCK, TK) და ჯამში, 31 ცვლადი. რაოდენობრივი კვლევის მონაცემების

საფუძველზე მიღებული შედეგები გამოქვეყნებულია ჟურნალში „[Science Education International](#)“³¹, თავად სტატია კი შესაძლებელია იხილოთ ბმულზე.³²

3.2 გრძელვადიანი სატრენინგო დიზაინის შემუშავება (თვისებრივი კვლევა)

კვლევაში გამოყენებულია დიზაინზე დაფუძნებული კვლევის მეთოდი. დიზაინზე დაფუძნებული სწავლება (Design-Based learning (DBL)) ასევე ცნობილია, როგორც დიზაინზე დაფუძნებული მეცნიერება (Design-Based Science) (Fortus, 2005) (Vattam, 2006), სამეცნიერო დიზაინის კვლევა (Design Science Research) (Peffer, 2007), ან როგორც სწავლა კეთებით (Learning by Making) (Shanta, 2002). ეს არის სწავლების მეთოდი, როდესაც მკვლევრები თავად აყალიბებენ თავიანთი კვლევის დიზაინს. თავიანთი ცოდნის გამოყენებით თავად არჩევენ კვლევის სტრატეგიებს და კვლევისათვის საჭირო აქტივობებს თავად აძლევენ მსვლელობას (Felix, 2016). დიზაინის სასწავლო სტრატეგიები ხშირად უკავშირდება ტექნოლოგიების გამოყენებას (Zhang, 2020), რაც გულისხმობს რეალური პრობლემის გადაჭრას ინოვაციური და კრეატიული პროდუქტების შექმნით. მიმდინარე დიზაინის კვლევის შედეგად შემუშავდა სატრენინგო მოდული ფიზიკის მასწავლებლებისათვის, რომელიც მოიცავს მობილური აპლიკაციების გამოყენებას საგაკვეთილო პროცესში.

³¹ <https://www.icasonline.net/journal/index.php/sei>

³² [From Measuring to Action: The Next Steps in Physics Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge | Science Education International](#)

3.2.1 მონაწილეთა შერჩევა

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტისა და „საქართველოს ფიზიკის მასწავლებელთა ასოციაციის“ სახელით 2023 წლის ოქტომბერში ფიზიკის მასწავლებლებისთვის გამოცხადდა მიღება პროფესიული მომზადების პროგრამაზე სახელწოდებით „ტექნოლოგიების ინტეგრირება საგაკვეთილო პროცესში“. აპლიკანტების მიერ წარმოდგენილი დოკუმენტაციისა და გასაუბრების საფუძველზე წინასწარ შემუშავებული კრიტერიუმების გათვალისწინებით პროგრამისთვის შეირჩა 11 პედაგოგი საქართველოს სხვადასხვა რეგიონიდან, კერძო და საჯარო სკოლებიდან. ეს კრიტერიუმები იყო: კლასებში მოსწავლეთა რაოდენობა საშუალოდ უნდა ყოფილიყო 10-12 მოსწავლე; მნიშვნელოვანი იყო ტრენინგზე რეგულარული დასწრება, რაც გულისხმობდა დაახლოებით ერთთვიანი ინტერვალით ვიზიტებს ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის SALiS³³-ის ლაბორატორიაში; პედაგოგებს უნდა ჰქონოდათ სმარტფონი; ნებისმიერ მათგანთან შესაძლოა დაგეგმილიყო ვიდეოგადაღება და ეს არ უნდა ყოფილიყო მათთვის წინაღობა.

კვლევის აღწერით ნაწილში მონაწილეები პირობითად აღნიშნულია ინიციალებით: ნ. ყ., ნ. ფ., მ. თ., ი. ტ., მ. ც., ნ. ჩ., ნ. შ., თ. გ., მ. კ., მ. ხ., გ. ი..

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ შერჩეულმა 11-მა პედაგოგმა ასევე მონაწილეობა მიიღო რაოდენობრივი მონაცემების შეგროვების პროცესში.

³³ salis.iliauni.edu.ge

3.2.2 თვისებრივი კვლევის პროცესის აღწერა

მონაწილე პედაგოგებთან ჩატარდა ინტერვიუები. თითოეული ინტერვიუს დაგეგმილი ხანგრძლივობა იყო 60 (+/- 10) წუთი. პირველ ტრენინგზე ინტერვიუ ჩატარდა პირისპირ, ხოლო ბოლო ორ ტრენინგზე - დისტანციურად, Zoom პლატფორმაზე. ინტერვიუს დროს ხანდახან წყდებოდა კავშირი, ან იყო სხვადასხვა გარემოება, რომელიც გავლენას ახდენდა შეხვედრების ხანგრძლივობასა და ინტერვიუს ჩაწერის ხარისხზე (გარკვეულ მონაკვეთებში ჭირდა სიტყვების გარჩევა).

სულ ჩატარდა ექვსი სასწავლო/სამუშაო ტრენინგი, რომელთაგან სამი - პირისპირ, ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის SALiS ლაბორატორიაში, ხოლო რიგი მიზეზების გამო (დიდი თოვლი, ქვეყანაში მიმდინარე პოლიტიკური პროცესები) სამი ტრენინგი ჩატარდა ონლაინრეჟიმში, Zoom პლატფორმის გამოყენებით.

ტრენინგები ტარდებოდა საშუალოდ თვეში ერთხელ. ტრენინგებს შორის პედაგოგებს ეძლეოდათ დავალებები, რომლებსაც მომდევნო ტრენინგზე განვიხილავდით და ხდებოდა გამოცდილების გაზიარება და უკუკავშირის გაცემა/მიღება.

აღსანიშნავია, რომ პირველ ტრენინგზე ჩატარდა ფოკუსჯგუფი პედაგოგებთან. ფოკუსჯგუფის კითხვები შემუშავებული იყო რაოდენობრივი TPACK³⁴ კითხვარის საფუძველზე, რაც უფრო მეტად სანდოს ხდის რაოდენობრივი და თვისებრივი კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემების ვალიდურობას.

³⁴ იხ. დანართი 1

3.2.3 ტრენინგების დეტალური აღწერა

სატრენინგო მოდულის ძირითად მიზანს წარმოადგენდა, შეგვეთავაზებინა პედაგოგებისთვის ისეთი ტექნოლოგიური მოწყობილობა, რომელიც ხელმისაწვდომი იქნებოდა როგორც მათთვის, ასევე მოსწავლეებისთვისაც. ასეთ ტექნოლოგიად შეირჩა სმარტფონი, კერძოდ, მობილური აპლიკაციების ინტეგრირება საგაკვეთილო პროცესში. ტრენინგების მიმდინარეობისას შეთავაზებული იყო ორი მობილური აპლიკაცია - Phyphox³⁵ და Physics toolbox suite³⁶. აღსანიშნავია, რომ ორივე აპლიკაცია მუშაობს როგორც ანდროიდ, ასევე iOS სისტემაზე და მათი გამოყენება უფასოა. ასევე, არსებობს დამხმარე Youtube-ტუტორიალებიც, რომელთა გამოყენებითაც აპლიკაციების მოხმარების პროცესი უფრო მარტივი ხდება. გარდა ამისა, მიღებული მონაცემების გენერირება შესაძლებელია Excel-ის ფაილის სახით, რაც უფრო მეტად მოქნილს ხდის შემდგომი დამუშავების პროცესს. დიზაინის კვლევის ფარგლებში შემუშავებული ტრენინგების აღწერა დეტალურად განხილულია ქვემოთ:

პირველი ტრენინგი:

სატრენინგო შეხვედრის დროს გავაცანით პედაგოგებს საბუნებისმეტყველო განათლების კვლევითი ცენტრის - SALiS მიზნები და ამოცანები.

პირველი ტრენინგის მიმდინარეობისას შევთავაზეთ პედაგოგებს SALiS ლაბორატორიაში არსებული „მოსწავლეთა ლაბორატორია ფიზიკაში“ ექსპერიმენტებში ჩართვა.³⁷ პედაგოგებმა ჩაატარეს სამი წინასწარ მომზადებული ლაბორატორიული სამუშაო: ხახუნის კოეფიციენტის ექსპერიმენტული გამოთვლა, ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრა ექსპერიმენტის საშუალებით და მათემატიკური ქანქარას რხევის ექსპერიმენტული შესწავლა. ამ ექსპერიმენტების

³⁵ <https://phyphox.org/>

³⁶ [Vieyra Software](#)

³⁷ [მოსწავლეთა ლაბორატორია ფიზიკაში – salis.iliauni.edu.ge](#)

ჩატარებისას ყველაზე მნიშვნელოვანია ის, რომ ყველა ეს ექსპერიმენტი ტარდება თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. კერძოდ, PASCO³⁸-ს მონაცემთა შემგროვებელი სისტემა დაკავშირებულია პერსონალურ კომპიუტერებთან და მისი მეშვეობით შესაძლებელია მონაცემების ციფრულად შეგროვება და დამუშავება. PASCO-ის მონაცემთა შემგროვებელი სისტემა არის თანამედროვე სენსორული ტექნოლოგია, რომელიც გამოიყენება ფიზიკის და სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერების კვლევებში.

ჩატარებული ექსპერიმენტები ტრენინგში მონაწილე პედაგოგებისთვის მეტად სასარგებლო აღმოჩნდა. მათთვის ეს იყო პირველი შეხება თანამედროვე სასწავლო ტექნოლოგიებთან. მონაწილე პედაგოგებმა გაიაზრეს სენსორული ტექნოლოგიების გამოყენების როლი საგაკვეთილო პროცესში. სამუშაოს დასრულების შემდეგ გაიმართა საინტერესო დისკუსია ამ მიდგომების დანერგვის როლის შესახებ მოსწავლეთა მოტივაციის ამაღლებისა და ახალი ცოდნის შეძენისთვის.

შემდეგ, პედაგოგებმა განიხილეს მობილური აპლიკაცია Phyphox³⁹. ბევრ მათგანს გაუჭირდა ამ აპლიკაციასთან ურთიერთობა, ჩამოქაჩვა და ინტერფეისის გამოყენება.

პირველი ტრენინგის დასასრულს, შევთანხმდით პედაგოგებთან, რომ მათ Phyphox აპლიკაციის გამოყენებით შეასრულებდნენ შემდეგ დავალებებს:

1. მეორე შეხვედრისთვის (ერთი თვის შემდეგ) უნდა წარმოედგინათ საგაკვეთილო პროცესის ან გაკვეთილების ციკლის აღწერა, თუ როგორ დანერგავდნენ ტექნოლოგიურ რესურსს „თავისუფალი ვარდნის აჩქარების გამოთვლა“⁴⁰ (რომელიც ტრენინგის მიმდინარეობის დროს საჩვენებლად ჩატარდა) საგაკვეთილო პროცესში.

³⁸ [PASCO scientific | Science Lab Equipment and Teacher Resources](https://www.pasco.com/scientific/Science-Lab-Equipment-and-Teacher-Resources)

³⁹ <https://phyphox.org/>

⁴⁰ იხ. დანართი 2.

2. დამოუკიდებლად უნდა ჩატარებინათ ექსპერიმენტი „მბრუნავი ცილინდრის სიჩქარის გაზომვა დახრილ სიბრტყეზე“⁴¹. წარმოედგინათ ექსპერიმენტის მომზადებისა და ჩატარების პროცესის აღწერა.

მეორე ტრენინგის ჩატარებამდე 1 კვირით ადრე პედაგოგებმა გადმოგზავნეს თავიანთი ნამუშევრები. მასწავლებლები აღნიშნავდნენ, რომ მხოლოდ ერთი აპლიკაცია ვერ მოიცავს სრულ სასწავლო პროგრამას.

პირველი ტრენინგის შედეგებისა და მასწავლებელთა დავალებების ანალიზის საფუძველზე მეორე ტრენინგისთვის მომზადდა Physics toolbox suite აპლიკაციით შესასრულებელი ექსპერიმენტები.

მეორე შეხვედრა:

სატრენინგო შეხვედრის დასაწყისში პედაგოგებმა წარმოადგინეს თავიანთი ნამუშევრები, გაუზიარეს ერთმანეთს საკუთარი გამოცდილებები მობილური აპლიკაციების გამოყენებასთან დაკავშირებით, ასევე განიხილეს ხელის შემშლელი ფაქტორები, რამაც თავი იჩინა ექსპერიმენტების ჩატარებისას. ქვემოთ მოცემულია ამონარიდები პედაგოგების დისკუსიიდან:

„ექსპერიმენტები ჩავატარე მოწაფეებთან ერთად, ტელეფონი მოვათავსე ცილინდრისებრ ყუთში და დახრილ სიბრტყეზე დავაგორეთ, ისე რომ შიგნით ტელეფონი უძრავ მდგომარეობაში იყო. ცდა გავიმეორეთ ორი ტელეფონით და აბსოლუტურად განსხვავებული მაჩვენებლები მოგვცა. პრობლემა შემექმნა ინტერნეტთან, რადგან მოცემული მასალის შენახვის მცდელობა წარუმატებელი აღმოჩნდა. ძალიან მომწონს აღნიშნული პლატფორმა და ვფიქრობ, კარგი იქნება, თუ მოგვიწესრიგდება ინტერნეტი.“

⁴¹ იხ. დანართი 3.

აპლიკაციის გამოყენება ვცადე სხვადასხვა კლასში თემების მიხედვით, თუმცა აქაც სხვადასხვა მაჩვენებლები მივიღეთ სხვადასხვა ტელეფონით. “ ნ.ჩ.

„ფიზიკის სწავლების პროცესში ძალიან მნიშვნელოვანია, მოსწავლეებს შევთავაზოთ მრავალფეროვანი და საინტერესო რესურსები. პირველ შეხვედრაზე ჩვენ ვცადეთ, გამოგვეთვალა თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, თუმცა ადგილზე არ იმუშავა არც ჩემმა და არც ნ.ყ.-ს მობილურმა. ჩვენ გადავწყვიტეთ, გვემუშავა წყვილებში და ერთად ჩავვეტარებინა შემდეგი ცდა.

მე და ნ.ყ. ერთმანეთს შევხვდით ტრენინგის შემდეგ და განმეორებით ვცადეთ ამ ცდის ჩატარება. სამწუხაროდ, ორივეს ტელეფონმა ისევ განსხვავებული მაჩვენებლები დაწერა. თავისუფალი ვარდნის აჩქარების გამოთვლისას phyphox აპლიკაციის გამოყენების დიდი სურვილი და ინტერესი გვაქვს, თუმცა ამას აქვს თავის დამაბრკოლებელი მიზეზები. კერძოდ: საკლასო გარემოში უნდა იყოს სიწყნარე. მრავალრიცხოვან კლასში კი ძალიან რთულია ასეთი გარემოს შექმნა. აგრეთვე, საჭიროა კარგი ინტერნეტი, რაც ასევე დიდ პრობლემას წარმოადგენს არაერთ სკოლაში. ვფიქრობთ, ეს რესურსი საშინაო დავალების დროს გამოვიყენოთ. მანამდე კი მოსწავლეებს კარგად ავუხსნათ წესები, სახლში ისინი თავად შექმნიან ხელსაყრელ პირობებს.“ მ.თ.

„მობილურ აპლიკაცია Phyphox-ში თავად გავეცანი სხვა ექსპერიმენტს და ყველა კლასში, რომელსაც ვასწავლი, განვიხილე სინათლის ლუმინესცენცია, ტონის გენერატორი და სხვ. მოსწავლეთა ინტერესების და საგნობრივი სტანდარტის შესაბამისად. ექსპერიმენტი საკმაოდ მარტივად დასაგეგმი და საინტერესო აღმოჩნდა მოსწავლეებისთვის. ტონის გენერატორზე გამოვიყენე მხოლოდ მოსწავლეების ტელეფონები, რადგან ჩემს ტელეფონს მიკროფონი მწყობრში აქვს, მაგრამ დიქტოფონზე პრობლემა აქვს. თუმცა ტექნიკურად იმდენად მარტივად გასაგები და დასაგეგმი აღმოჩნდა ეს ექსპერიმენტი, რომ ადგილზე სპონტანურად ჩავატარეთ

ზოგიერთ კლასში. მთლიანობაში მოსწავლეები კმაყოფილი დარჩნენ აღნიშნული რესურსების გაცნობით.“ თ.გ.

„გაკვეთილის ჩატარებამდე მოსწავლეებმა თავიანთ სმარტფონებში ჩამოტვირთეს phyphox-ის აპლიკაცია, გაკვეთილზე დიდი დრო რომ არ დაგვეკარგა. ექსპერიმენტიც რამდენჯერმე გავიმეორეთ.“

„ექსპერიმენტისთვის შევარჩიეთ თუნუქის ქილა, ისე, რომ ტელეფონის 1/5 ნაწილი ქილის გარეთ რჩებოდა, რაც გვიადვილებდა აპლიკაციის ჩართვას და გამორთვას ისე, რომ ტელეფონი ქილიდან აღარ ამოგვეღო. ჩართვისთანავე ქილას ვაგორებდით დახრილ სიბრტყეზე.“

„ყოველივე ამის შემდეგ გაკვეთილზე მოსწავლეებს აღარ დასჭირვებიათ მასწავლებლის დახმარება და გრაფიკის საშუალებით ადგილად ამოიწერეს ყველა ის სიდიდე, რომელიც ექსპერიმენტის ჩატარებისთვის იყო მნიშვნელოვანი.“ მ.კ.

საერთო ჯამში, პედაგოგები მკაფიოდ ხაზს უსვამენ ფიზიკის სწავლების პროცესში Phyphox აპლიკაციისა და სხვა რესურსების გამოყენების პერსპექტივებს. მათ აღნიშნული აპლიკაციის დახმარებით ჩაატარეს ექსპერიმენტები, რაც ძალიან საინტერესოდ და მრავალფეროვნად აჩვენეს მოსწავლეებს. თუმცა, თითოეულმა მასწავლებელმა აღნიშნა რამდენიმე გამოწვევა: ტექნიკური სირთულეები, როგორიცაა აპლიკაციის მუშაობა ტელეფონების სხვადასხვა მოდელებზე, რაც განსხვავებული შედეგებით სრულდება. აგრეთვე, დასახელდა ინტერნეტთან უწყვეტი კავშირის პრობლემა. გარდა ამისა, იმის გათვალისწინებით, რომ მობილური აპლიკაციების სენსორები საკმაოდ მგრძნობიარეა გარემოს მიმართ, არის შემთხვევები, რომ ექსპერიმენტის ჩატარების პროცესში ცდომილების თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა სიჩუმე. სიჩუმის შენარჩუნება კი საკლასო გარემოში მნიშვნელოვანი დაბრკოლება აღმოჩნდა. სწორედ ამის გამო, პედაგოგებმა მიიჩნიეს, რომ მობილური აპლიკაციები გამოეყენებინათ საშინაო დავალებად.

თუმცა, მათ ასევე აღნიშნეს, რომ ექსპერიმენტები მარტივად გასაგები და ინტერაქტიური აღმოჩნდა მათი მოსწავლეებისთვის, რაც დამატებით მოტივაციას აღძრავდა. გარდა ამისა, მოსწავლეები ზოგ შემთხვევაში დამოუკიდებლად ახერხებდნენ რესურსების გამოყენებას და შედეგების მიღებას.

მასწავლებლები ხაზს უსვამენ აპლიკაციის, როგორც ინოვაციური საგანმანათლებლო ინსტრუმენტის, პოტენციალს, თუმცა მისი სრულყოფილი გამოყენებისთვის საკლასო გარემოში აუცილებელია ტექნიკური და ინტერნეტის პრობლემების დაძლევა. მიუხედავად გამოწვევებისა, აპლიკაცია წარმატებულად გამოიყენეს და მოსწავლეებში ექსპერიმენტული მეცნიერებისადმი ინტერესი გააჩინეს.

მეორე ტრენინგის მსვლელობისას მასწავლებლებს წარუდგინეთ მეორე სამუშაო აპლიკაცია Physics toolbox suite. ამ აპლიკაციის გამოყენების მიზნით წინასწარ დავამუშავეთ ორი ექსპერიმენტი: „დამატებითი ფერები“⁴² და „ელექტრომაგნეტიზმი“⁴³.

მომავალი შეხვედრისთვის მასწავლებლებთან შევთანხმდით შემდეგ დავალებაზე: მოემზადებინათ თავიანთი ხედვა, თუ როგორ დანერგავდნენ ამ ახალ ტექნოლოგიურ რესურსს საგაკვეთილო პროცესში. ასევე ემსჯელათ, რომელი აპლიკაციაა მათთვის მეტად მოსახერხებელი - Phyphox თუ Physics Toolbox Sensor Suite? ასევე, დამოუკიდებლად ჩაეტარებინათ ექსპერიმენტი „დამატებითი ფერები“. გარდა ამისა, მოემიებინათ მსგავსი შინაარსის სხვა აპლიკაციები.

ტრენინგამდე ერთი კვირით ადრე კვლავ გამოაგზავნეს საშინაო დავალება.

პედაგოგები საშინაო დავალებაში აღნიშნავდნენ, რომ ორივე აპლიკაცია ერთმანეთთან რელევანტურ ბმაშია და მოიცავს სასწავლო გეგმით გათვალისწინებულ თემატიკას. შესაბამისად, ახალი აპლიკაციის შეთავაზების საჭიროება მოიხსნა და მესამე

⁴² იხ. დანართი 4

⁴³ იხ. დანართი 5

ტრენინგისთვის დაიგეგმა პედაგოგთა დისკუსია მათ მიერ ჩატარებული საგაკვეთილო აქტივობების შესახებ.

მესამე შეხვედრა

მესამე ტრენინგის დასაწყისში განვიხილეთ დავალებები, მასწავლებლებმა ერთმანეთს გაუზიარეს გამოცდილება, გაიმართა დისკუსია აპლიკაციების გამოყენების შესახებ.

„ცდის ეფექტურად ჩასატარებლად გამოვიყენეთ მუყაოს ყუთი, რომელსაც შიგნიდან მივამაგრეთ თეთრი თაბახის ფურცელი, ხოლო ზედა ნაწილში გავუკეთეთ პატარა თავისუფალი წრე კამერის მოსათავსებლად. ტელეფონებში აპლიკაციის მეშვეობით ავირჩიეთ სხვადასხვა ფერი: წითელი, მწვანე და ლურჯი. შედეგით მოსწავლეები გაკვირვებულნი, აღფრთოვანებულნი დარჩნენ. წითელი და მწვანე ფერის კვეთისას მივიღეთ ცისფერი; მწვანე და ლურჯი ფერის კვეთასთან - ფოსფორისფერი; ლურჯი და წითელი ფერის კვეთასთან - იასამნისფერი. აპლიკაციის მეშვეობით არაერთი საინტერესო რამ ვნახეთ და ჩავატარეთ სხვადასხვა კლასში: ბგერის სიხშირე, ტონალობა, კომპასი და ა. შ. ვფიქრობ, ძალიან საინტერესო და სასიამოვნოდ ხმაურიანი გაკვეთილები გამოგვივიდა.“ ნ. ჩ.

„ყურადღებით გავეცანი ორივე აპლიკაციას, როგორც Phyphox ისე Physics Toolbox Sensor Suite და ჩემი შეხედულება ასეთია: ორივე აპლიკაციას აქვს თავისი სპეციფიკური და გამორჩეული მხარე და ასე ცალსახად ერთს ვერ გამოვყოფ. მიუხედავად ამისა, ვეცდები დავაკონკრეტო თითოეულის მიმართ ჩემი აზრი.

Phyphox: ეს აპლიკაცია ძალიან საინტერესოა. არამარტო მოსწავლეებზე, ჩემზეც დიდი შთაბეჭდილება მოახდინა. განსაკუთრებით მომეწონა ის, რომ რაც გაუგებარი იყო, მარტივად მოიძებნებოდა youtube-ში. მისი დახმარებით კი გავერკვიე გაურკვეველ საკითხებში, მაგ: მობილურის კომპიუტერზე დაკავშირება რომ ვერ შევძელი, მარტივად მოიძებნა ვიდეო, სადაც სპიკერი გარკვევით ხსნიდა თითოეულ ნაბიჯს. თუმცა, ეს ყველაფერი ხდებოდა ინგლისურ ენაზე და ყველა ფიზიკის მასწავლებელს,

დაინტერესებულ პირს თუ მოსწავლეს არ შეუძლია ამის გაგება. აპლიკაციას აქვს კიდევ ერთი დიდი დადებითი მხარე, ესაა ქართულ ენაზე თარგმანი. თუმცა, ყველა ტელეფონში არ იხსნება აპლიკაციის ყველა ფუნქცია, რაც ართულებს დავალების შესრულებას. კიდევ ერთ პრობლემას წარმოადგენს ხმაური. საკლასო ოთახში ძალიან რთულია შეინარჩუნო ისეთი სიჩქნარე, რომელიც აპლიკაციას სჭირდება ზუსტი გამოთვლებისათვის. მაგრამ, მიუხედავად წარმოდგენილი პრობლემებისა, ვფიქრობ, მაინც მოიძებნება გამოსავალი. პირველ რიგში, მოსწავლეები უნდა დავაინტერესოთ ამ აპლიკაციით და ის შეიძლება გამოვიყენოთ საშინაო დავალების ან საკლუბო მუშაობის დროს. ამ დროს უფრო მეტადაა შესაძლებელი სიჩქნარის შენარჩუნება და დაინტერესებაც მეტია.

Physics Toolbox Sensor Suite: არანაკლებ საინტერესოა ეს აპლიკაციაც, განსაკუთრებით ის, რომ გახსნისთანავე აპლიკაცია იწყებს ათვლას. მისი გამოყენება საკლასო გარემოში ვფიქრობ, უფრო მოსახერხებელია. თუმცა, ამ აპლიკაციასაც აქვს „ნაკლი“. კერძოდ კი, არ აქვს ქართული ვერსია და ბევრს გაუჭირდება მისი თარგმნა. ბუნებრივია, აქაც შეიძლება გამოსავლის პოვნა, თუ ჩვენ დავაინტერესებთ მოსწავლეებს“. მ. თ.

პედაგოგები ხაზს უსვამენ Phyphox და Physics Toolbox Sensor Suite აპლიკაციების გამოყენებით ფიზიკის სწავლების პროცესში არსებული შესაძლებლობებისა და გამოწვევების მრავალფეროვნებას. ისინი აღნიშნავენ, რომ ეს აპლიკაციები სწავლების პროცესს საინტერესო და ინტერაქტიურ გამოცდილებად აქცევს, რაც მოსწავლეების ინტერესს მნიშვნელოვნად ზრდის. განსაკუთრებით აღინიშნა ის, თუ როგორ უწყობს ხელს მსგავსი ექსპერიმენტები მოსწავლეთა შემოქმედებითობის განვითარებას და დამოუკიდებლად აქტივობების წარმართვას, რაც მნიშვნელოვნად ამაღლებს მათ მოტივაციას.

დისკუსიაში ყველა პედაგოგი აქტიურად იყო ჩართული, ერთმანეთს უსვამდნენ შეკითხვებს, აძლევდნენ საინტერესო უკუკავშირს.

ორივე აპლიკაციის სხვადასხვა შესაძლებლობა მრავალფეროვნად და საინტერესოდ განიხილეს პედაგოგებმა. Phyphox აპლიკაციის შემთხვევაში განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილდა იმაზე, რომ რთულ საკითხებში მარტივად ნაპოვნი ვიდეოინსტრუქციები უზრუნველყოფს საჭირო დახმარებას. Physics Toolbox Sensor Suite-ს უფრო პრაქტიკულ, საკლასო გარემოში ადვილად გამოსაყენებელ ინსტრუმენტად მიიჩნევენ, თუმცა ამ აპლიკაციის გამოყენებასაც ახლავს გამოწვევები, მათ შორის ენობრივი სირთულე.

საერთო ჯამში, აპლიკაციებმა მოსწავლეების ყურადღება და ინტერესი მნიშვნელოვნად გააძლიერა. მასწავლებელთა მოსაზრებით, მსგავსი რესურსების დანერგვა ფიზიკის სწავლებაში ხელს უწყობს სწავლების პროცესის გამდიდრებას, ინოვაციური მიდგომების განვითარებას და მოსწავლეების მიერ საკუთარი შესაძლებლობების აღმოჩენას. მათი აზრით, სწორად დაგეგმილი და შესრულებული პროცესები ამ აპლიკაციებით დიდი სარგებლის მომტანია, განსაკუთრებით, თუ მოხდება სწავლის პროცესის ინდივიდუალურად მორგება თითოეულ მოსწავლეზე.

პედაგოგები ისევ საუბრობდნენ ტექნიკურ სირთულეებზე, როგორებიცაა ხმაურის შემცირება საკლასო ოთახში, ინტერნეტის პრობლემები და აპლიკაციების ფუნქციონირების შეზღუდვა კონკრეტულ ტელეფონებზე. მიუხედავად ამისა, ისინი ეძებდნენ გადაწყვეტილებებს და მიაჩნიათ, რომ ტექნიკური პრობლემების გადაჭრა, მაგალითად, ექსპერიმენტების საშინაო პირობებში ჩატარებით ან საკლუბო მუშაობის მეშვეობით, ხელს შეუწყობს ამ რესურსების ეფექტურ გამოყენებას.

მესამე ტრენინგის დასასრულს კი, პედაგოგებთან შევთანხმდით საშინაო დავალების შესახებ - მოემზადებინათ საგაკვეთილო გეგმა, თუ როგორ წარმოედგინათ რეალური საგაკვეთილო პროცესის მიმდინარეობისას მობილური აპლიკაციების გამოყენება და შეეფასებინათ ძირითადი გამოწვევები წარმოდგენილ საგაკვეთილო პროცესში. ასევე, შევთავაზეთ მოემდიებინათ დამატებით სხვა აპლიკაციები.

მეოთხე ტრენინგი დაიგეგმა პედაგოგების ნაშრომების ანალიზის საფუძველზე. მნიშვნელოვანი აქცენტები უნდა გაკეთებულიყო გაკვეთილის დაგეგმვაზე და მის ფაზებზე - გაკვეთილის რომელ ფაზაშია უმჯობესი მობილური აპლიკაციების გამოყენება. ასევე, მათი დავალებებიდან გამომდინარე, დაიგეგმა დისკუსია - მობილური აპლიკაციების გამოყენება ინტეგრირებული გაკვეთილების წარმართვის პროცესში.

მეოთხე შეხვედრა

ჩვეულებისამებრ, მეოთხე ტრენინგი დაიწყო დისკუსიით, განვიხილეთ თითოეული პედაგოგის მიერ მომზადებული საგაკვეთილო გეგმები. სიტუაციის ნათლად შეფასების მიზნით, ქვემოთ წარმოდგენილია ამონარიდები მათი ნაშრომებიდან:

„გაკვეთილი დავგეგმე ეროვნული სასწავლო გეგმის საგნობრივი სტანდარტის გათვალისწინებით.

გაკვეთილი წარიმართა გეგმის შესაბამისად. მოსწავლეები ხალისით ჩაერთნენ აქტივობაში, თავიდანვე აქტიურად და ყოველგვარი შეზღუდვების გარეშე ჩაებნენ საგაკვეთილო პროცესში. გამოწვევის ფაზაზე, წინარე ცოდნის გასააქტიურებლად, კითხვების საშუალებით განვსაზღვრე მოსწავლეების მზადყოფნა ახალი მასალის ასათვისებლად. გამოვიკითხე და გავაანალიზეთ საშინაო დავალება. აპლიკაციები გამოვიყენეთ შინაარსის რეალიზების ფაზაში. ვთვლი, რომ ტექნოლოგიების გამოყენებამ ძალიან შემიწყო ხელი გაკვეთილის მიზნის მიღწევაში.“ ნ. ყ.

„გაკვეთილის შესავალ ნაწილში მოსწავლეებს გავუღვიძე მოცემულ თემასთან დაკავშირებით ინტერესი კითხვებით. შემდეგ დავაკავშირეთ ბგერა და ბგერის ტონი მუსიკასთან. სხვადასხვა მუსიკალური ინსტრუმენტის საშუალებით ბგერის ხმამაღლობას დააკვირდნენ მოსწავლეები. ფორტეპიანოს დახმარებით მათ მოუსმინეს ერთსა და იმავე ნოტს, მაგრამ განსხვავებულ ოქტავაში და მიუხედავად მცირე განსხვავებისა, მაინც იპოვეს ბგერებს შორის სხვაობა.

მოსწავლეებს ავუხსენი, რომ პირველი ოქტავის და მეორე ოქტავის ერთსა და იმავე ნოტს შორის სხვაობა სიხშირის მიხედვით თითქმის ორჯერ დიდია (440ჰც და 840 ჰც).

წინასწარ მომზადებული პრეზენტაციის საშუალებით გავაცანი ბგერის მახასიათებლები, ინფრაბგერა, ულტრაბგერა.

შემდეგ უკვე გადავედი შინაარსის რეალიზების ფაზაზე და მოსწავლეებს დავურიგე წინასწარ გამზადებული ნოტები ზოგიერთი ინსტრუმენტისთვის (მუსიკის მასწავლებლის დახმარებით). ვთხოვე, მათ გაეხსნათ აპლიკაცია PhyPhox და ტონის გენერატორის საშუალებით მოესმინათ მოცემული ბგერები, პარალელურად ცხრილში მოცემული ინსტრუმენტების ჟღერადობაც მოვასმენინე, რომელიც ჩანაწერის სახით მქონდა. მოსწავლეებმა იმსჯელეს, შეადარეს მონაცემები. ასევე, აპლიკაციის საშუალებით სცადეს „მოესმინათ“ 20500 ჰც სიხშირის ბგერა და დარწმუნდნენ, რომ ადამიანის ყური დაახლოებით 20–დან 20 000 ჰც–მდე სიხშირის დიაპაზონში აღიქვამს ბგერებს.

გაკვეთილი სასიამოვნო ჟრიამულით დამთავრდა. ვფიქრობ, კიდევ უფრო საინტერესოდ შემეძლო დამეგეგმა და ახლა უფრო კარგი იდეებიც მაქვს.“ ნ. ჩ.

„აპლიკაციების გამოყენებით დაგეგმილი გაკვეთილი საინტერესოდ წარიმართა, მოსწავლეები უფრო მოტივირებულები გახდნენ და ახლა თვითონ ეძებენ ახალ-ახალ აპლიკაციებს. აპლიკაციები გამოვიყენე რეფლექსიის ფაზაში. აპლიკაციების გამოყენებით სწავლება ანაცვლებს კომპიუტერულ ტექნოლოგიებს, მოსწავლეები უფრო საქმიანად და ინტერესით ეკიდებიან ტელეფონის გამოყენებას. მოვიშველიებ მოსწავლეთა სიტყვებს: „... რა კარგი რაღაცეები ყოფილა ტელეფონში, სხვა საგნებიც არის მასწავლებელო?“ ახლანდელ ბავშვებს ცხოვრება ტელეფონის გარეშე ვერ წარმოუდგენიათ.

სამომავლოდ, რა თქმა უნდა ხშირად გამოვიყენებ მუშაობაში მოცემული გაკვეთილების შესაბამის აპლიკაციებს, მეტი არგუმენტი რა უნდა იყოს, მოსწავლე თვითონ ეძებს გაკვეთილის შესაბამის აპლიკაციებს. “ი.ტ.

საბოლოო ჯამში, მასწავლებლების აღწერილი გამოცდილება აჩვენებს, როგორ შეიძლება ფიზიკის გაკვეთილში თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და აპლიკაციების ინტეგრირება. პედაგოგებმა გაკვეთილი დაგეგმეს ეროვნული სასწავლო გეგმის საგნობრივი სტანდარტის გათვალისწინებით.

ერთ-ერთმა მასწავლებელმა ყურადღება გაამახვილა ბგერის ექსპერიმენტებზე, რომელიც მუსიკას უკავშირებდა და სხვადასხვა ინსტრუმენტების მეშვეობით მოსწავლეებს მისცა საშუალება, დაჰკვირვებოდნენ ბგერის სიხშირის ცვლილებებს. საინტერესო პროცესს წარმოადგენდა ულტრაბგერის და ინფრაბგერის ფიზიკური ცნებების გაცნობა, სიხშირეების შედარება და Phyphox აპლიკაციის ტონის გენერატორის გამოყენებით კვლევა.

მასწავლებლებმა განსაკუთრებული აქცენტი გააკეთეს სასწავლო პროცესის კარგად ორგანიზებაზე, წინარე ცოდნის გააქტიურებასა და საშინაო დავალების ანალიზზე. მათ აღნიშნეს, რომ Phyphox აპლიკაციამ მოსწავლეების აქტიურ ჩართულობას და გაკვეთილის მიზნების მიღწევას მნიშვნელოვნად შეუწყო ხელი. ამ აპლიკაციების გამოყენება გაკვეთილის სამივე ფაზაზე შესაძლებელი გაკვეთილის სასწავლო მიზნიდან გამომდინარე.

გარდა ამისა, პედაგოგებს დავალებული ჰქონდათ სხვა აპლიკაციების მოძიებაც, მათ გამოყვეს რამდენიმე მათგანი:

“Lab4U – ძალიან კარგია, მაგრამ ყველა ფუნქცია რომ გაიხსნას, 45\$ ღირს, რაც საკმაოდ ძვირია. ახლავს თავისი დავალებები, რომლებსაც მასშივე ჩაშენებული სენსორების საშუალებით ასრულებ, თუმცა ქართული ვერსია არ აქვს. ასევე ძალიან კარგი

პოდეკასტი აქვთ spotify-ზე, რაც უფასოა, მაგრამ ისიც ინგლისურად. ეს პოდეკასტიც მეცნიერების პოპულარიზაციას და მის ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოყენებას ეხება.

Physics Lab AR - ეს არის აპლიკაცია, რომელშიც შესაძლებელია ელექტრული წრედები ააწყო, 3D მოდელი აქვთ ყველა ხელსაწყო. ვირტუალურ-რეალური ლაბორატორია გამოდის, აქაც ყველა ხელსაწყო გამოსაყენებლად თანხის გადახდაა საჭირო, თუმცა საბაზისო ხელსაწყოები უფასოა. ასევე, შესაძლებელია სტატიკურ ელექტრულ ველზე დაკვირვება და პლანეტებსა და ვარსკვლავებზე. ძალიან სახალისო აპლიკაციაა, მეც კარგად გავერთე.

Sensor Toolbox – ამ აპლიკაციის საშუალებით შესაძლებელია ტელეფონის მონაცემების განსაზღვრა. ძალიან ბევრი მსგავსი აპლიკაცია არსებობს, თან თითქმის იდენტური სახელით. ამ აპლიკაციების გადმოწერა შეიძლება როგორც *iOS*, ასევე *Android*-ზე. “მ.ც.

პედაგოგებმა განიხილეს ახალი აპლიკაციები, გაიმართა დისკუსია ამ საკითხზე, მისცეს ერთმანეთს რჩევები ამ აპლიკაციებთან დაკავშირებით. პედაგოგებმა ასევე ისაუბრეს ინტეგრირებული გაკვეთილების მნიშვნელობაზე. აღინიშნა, რომ მობილური აპლიკაციების დახმარებით შესაძლებელია ფიზიკისა და მუსიკის, ასევე ფიზიკისა და ხელოვნების გაკვეთილის ინტეგრირება. ტრენინგში მონაწილე ერთ-ერთმა პედაგოგმა გაგვიზიარა გამოცდილება - „გეგმა ასეთი იყო - აპლიკაციის გამოყენებით სამი ძირითადი ფერით შეგვექმნა სხვა ფერები, რომლებიც შემდეგ საღებავების შერევით უნდა მიგვეღო და ასე დაეხატა ერთ-ერთ მოსწავლეს სურათი, ხოლო ამავე კლასის თექის წრეში გაერთიანებულ გოგონათა ჯგუფსაც შეექმნა გაზაფხულის თემატიკაზე თექით რაიმე.“ ნ.ფ.

პედაგოგებმა ხაზი გაუსვეს ინტეგრირებული სწავლების მნიშვნელობას მოსწავლეთა მოტივაციის გაზრდისთვის და ახალი ცოდნის შეძენისთვის.

მეოთხე ტრენინგის ბოლოს პედაგოგებთან შევთანხმდით შემდგომ სამოქმედო ინსტრუქციებზე: აპლიკაციების გამოყენებისას დაჰკვირვებოდნენ და დეტალურად

აღწერათ გამოწვევები, წარმოედგინათ მათი გადაჭრის გზები. ასევე, პედაგოგებს უნდა წარმოედგინათ მოსაზრებები მოსალოდნელი ვიდეოგადაღების შესახებ.

მეხუთე ტრენინგი დაიგეგმა მეოთხე ტრენინგის ანალიზის საფუძველზე: დისკუსია გამოწვევების შესახებ, მათ დაძლევაზე. ამავე ტრენინგზე უნდა განხილულიყო და შემუშავებულიყო ვიდეოგადაღების ინსტრუქცია.

მეხუთე შეხვედრა

მეხუთე ტრენინგის დასაწყისში პედაგოგებმა წარმოადგინეს თავიანთი გამოცდილებები, კერძოდ ის, რომ პირველი ტრენინგის შემდეგ მათთვის უცხო და რთულად გადასაწყვეტი პრობლემები მეხუთე ტრენინგის დასაწყისში უკვე დაძლეული ჰქონდათ. მასწავლებლებმა აღნიშნეს, რომ მობილური აპლიკაციების გამოყენებაში მნიშვნელოვანი პროგრესი განიცადეს. მათი თავდაპირველი გამოწვევები, როგორცაა ხმაურის კონტროლი, ინტერნეტთან დაკავშირებული სირთულეები და აპლიკაციის ფუნქციების შეზღუდვები, ნელ-ნელა, ეტაპობრივად გადაწყვიტეს. ისინი თავიანთ სკოლებსა და კლასებში ქმნიდნენ ისეთ გარემოს, რომელიც ხელს უწყობდა ექსპერიმენტულ საქმიანობას და თანამედროვე ტექნოლოგიების ინტეგრირებას სასწავლო პროცესში.

აპლიკაციების გამოყენება აღარ იყო მხოლოდ ტექნიკური თავსატეხი მათთვის. პედაგოგები უკვე კარგად იცნობდნენ Phyphox-სა და Physics Toolbox Sensor Suite-ის ფუნქციებს და თავდაჯერებულად იყენებდნენ მათ. მასწავლებლები დარწმუნდნენ, რომ რესურსები, რომლებიც მათ ხელთ აქვთ, მოსწავლეთა ინტერესსა და ჩართულობას მნიშვნელოვნად აძლიერებს.

„მინდა აღვნიშნო, რომ პირველი ტრენინგის დასაწყისში გამიჭირდა აპლიკაციების ჩამოტვირთვა, რადგან მანამდე არასოდეს გამიკეთებია, თუმცა ახლა ეს ჩემთვის დაბრკოლებას აღარ წარმოადგენს, უფრო მეტიც, აქტიურად ვახერხებ ახალი აპების

ჩამოტვირთვას და საჭიროების შემთხვევაში მის წაშლასაც კი. ამ მხრივ ჩემი უნარები ნამდვილად დაიხვეწა“. ნ.ჩ.

„ნამდვილად ინოვაციური მეთოდი შევისწავლეთ, ნეტავ აქამდეც მცოდნოდა. ბავშვებს უხარიათ გაკვეთილზე შემოსვლა“. ი.ტ.

მეხუთე ტრენინგზე ცხადი გახდა - პედაგოგებმა შეიძინეს თავდაჯერებულობა და მათში კიდევ უფრო გამყარდა აზრი, რომ თანამედროვე ტექნოლოგიების დახმარებით სწავლების პროცესი კიდევ უფრო მრავალფეროვანი და ეფექტური იქნება. ყოველი ახალი გაკვეთილი ხომ ემსახურება არა მხოლოდ ცოდნის შეძენას, არამედ მოსწავლეთა ინტერესის გაღვივებას და მათი კვლევისა და ექსპერიმენტირების უნარების გაძლიერებას.

მეხუთე ტრენინგის დასკვნით ნაწილში გაიმართა დისკუსია ვიდეოგადაღების შესახებ, კერძოდ, მასწავლებლებმა იმსჯელეს ორი კითხვის გარშემო:

- თქვენი აზრით, როგორ გარემოში ჯობია ვიდეო გადაღება?
- აღწერეთ თქვენი რეალური საკლასო სიტუაცია, და მოიყვანეთ არგუმენტები, რატომ უნდა გადავიღოთ, ან არ გადავიღოთ თქვენს სკოლაში გაკვეთილი/გაკვეთილები (რა სიახლეებს ვნახავთ პედაგოგიური მიდგომის კუთხით).

დისკუსიის შეჯამება:

ვიდეოს გადაღება უმჯობესია ისეთი გარემოში, სადაც სიწყნარე და განათება უზრუნველყოფილია. საკლასო ოთახში მნიშვნელოვანია, რომ კამერა იყოს დაყენებული იმ პოზიციაზე, რომელიც უზრუნველყოფს სრულ ხილვადობას და მოძრაობის თავისუფლებას როგორც მოსწავლეებისთვის, ისე მასწავლებლისთვის.

რეალური საკლასო სიტუაცია შეიძლება იყოს ისეთი, სადაც მოსწავლეები აქტიურად მონაწილეობენ, მაგრამ საკლასო ოთახში ხანდახან ხმაურია. ზოგიერთი მოსწავლე

დამატებით დახმარებას საჭიროებს, რაც მასწავლებლის ყურადღებას მოითხოვს. ტრენერის მიერ განმარტებული იყო გაკვეთილის ვიდეოგადაღების მნიშვნელობა:

- ვიდეოს საშუალებით შესაძლებელია გაკვეთილის შეფასება, რათა გაუმჯობესდეს პედაგოგიური მიდგომები.
- ვიდეოგაკვეთილები მომავალში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას, როგორც სასწავლო მასალა.
- ვიდეოს საშუალებით შესაძლებელია სხვა მასწავლებლებთან გამოცდილების გაცვლა და სასწავლო ინოვაციების დანერგვა.

ტრენინგზე საუბარი იყო იმაზეც, თუ რა სიახლეებს დავინახავთ ვიდეოგადაღების პროცესში პედაგოგიური მიდგომის კუთხით:

- მოსწავლეთა ჩართულობას და მასწავლებლის მეთოდებს.
- შესაძლებლობას, შევადაროთ სხვადასხვა პედაგოგიური ტექნიკა და გავარკვიოთ, რომელია უფრო ეფექტური.
- ინოვაციური პროცესების გაზიარება, რაც მასწავლებელთა კოლაბორაციას და გამოცდილების ურთიერთგაცვლას შეუწყობს ხელს.

ამ დისკუსიის შემდეგ პედაგოგებს დეტალურად გავაცანით ვიდეო გადაღების ინსტრუქცია, ასევე, თუ როგორ შეიძლება დიდი მოცულობის ვიდეოების გაზიარება. ტრენინგის ბოლოს შევთანხმდით საშინაო დავალების შესახებ - თავიანთი საგაკვეთილო პროცესის 15-წუთიანი ვიდეოგადაღება, კერძოდ, იმ ფაზის აღბეჭდვა, როცა იყენებენ მობილურ აპლიკაციებს. მასწავლებლებს ვთხოვეთ, ვიდეო გამოეგზავნათ ტრენინგამდე ერთი კვირით ადრე.

კვლევისთვის, თავისთავად, მნიშვნელოვანი იყო ვიდეოს გადაღების მეშვეობით რეალური კადრების დანახვა, თუმცა ამ „დავალებას“ ასევე ჰქონდა სხვა მნიშვნელოვანი დატვირთვაც - რამდენად შეძლებდნენ პედაგოგები ტექნოლოგიური

უნარების გამოყენებას - ვიდეოგადაღების ინსტრუქციის სწორად გაგება და გამოყენება, გადაღებული ვიდეოს შენახვა, კომპიუტერში გადატანა და შემდგომ, მისი მოცულობის გათვალისწინებით, ელფოსტის საშუალებით გამოგზავნის გზების მოძებნა.

მასწავლებლებისაგან ვითხოვეთ ნებართვა, გაგვეზიარებინა ერთმანეთის ვიდეოები შემდეგ ტრენინგზე განსახილველად.

მეექვსე ტრენინგზე დაიგეგმა:

- დისკუსია ვიდეოგადაღების პროცესის შესახებ;
- მასწავლებელთა ვიდეოების ანალიზი და ერთმანეთისთვის უკუკავშირის მიცემა.

მეექვსე შეხვედრა

მეექვსე ტრენინგზე პედაგოგებმა განიხილეს თავიანთი გადაღებული ვიდეოები. მათ საშუალება ჰქონდათ (წინასწარი ნებართვით), ენახათ ერთმანეთის ვიდეოები, დაენახათ მსგავსი და განსხვავებული მიდგომები.

„მე რაც თვალში მომხვდა და გულს ესიამოვნა, ეს იყო, რომ გაკვეთილში ტექნოლოგიები „მიკერებული“ არ იყო. ბუნებრივად გადავიდა გაკვეთილის თეორიული ნაწილი აპლიკაციების ჩვენებაზე. გადასვლა ტექნოლოგიების გამოყენებაზე იყო ძალიან სასიამოვნო.“ ნ.ყ.

„ეს იყო ერთი ჩვეულებრივი, ძალიან ჰარმონიული გაკვეთილი. ბავშვებსაც და მასწავლებელსაც გააზრებულად ჰქონდათ აქტივობები და ეს იყო ამ ტექნოლოგიებთან ერთად ბუნებრივი გაკვეთილი. არ ჰგავდა ეს სპეციფიკურ გაკვეთილს, რომ რაღაცა ჩაატარეს და გადაღებისთვის სჭირდებოდათ, ეს იყო ერთი ჩვეულებრივი გაკვეთილი.“ ნ.ჩ.

„ერთი ჩვეულებრივი გაკვეთილი იყო, რომელიც ძალიან ბუნებრივი გამოვიდა ტექნოლოგიებთან ერთად. ვიდეოში ნათლად ჩანს, რომ პროცესი მიმდინარეობდა ყოველგვარი სტრესის გარეშე.“ ი.ტ.

„ვიდეოში ჩანდა ის, რომ მეცხრეკლასელებმა საუკეთესოდ იციან აპლიკაციების გამოყენება და დაძწეებ მეშვიდეკლასელებს ასწავლიან. მასწავლებელი კარგად მუშაობს აპლიკაციებთან და თვითონ მოსწავლეების ცოდნის ურთიერთგაზიარებას და მათ შორის ურთიერთდამოკიდებულებას ამყარებს. ამ აპლიკაციების გამოყენებით მეშვიდეკლასელებს აჩვენებს იმას, რომ მაღალ საფეხურზე კიდევ და კიდევ უკეთეს ექსპერიმენტებს ჩაატარებენ.“ გ.ი.

„მასწავლებელი რამდენიმე აპლიკაციას აცნობს მოსწავლეებს და ძალიან კარგია, რომ მხოლოდ ერთ აპლიკაციაზე არა აქვს ყურადღება გამახვილებული.“ მ. თ.

„ძალიან კარგი იყო ერთმანეთის ვიდეოების გამოცდილება რომ გამოვიყენეთ, ახლა უფრო კარგად მივხვდი, მომდევნო გაკვეთილები როგორ დავგეგმო. მაღლობა შეფასებებისთვის და მაღლობა ვიდეოების გაზიარებისთვის ყველას.“ მ.ხ.

გაკვეთილები, რომლებიც ვიდეოში იყო აღბეჭდილი, მოსწავლეებსა და მასწავლებლებს შორის ბუნებრივ და ჰარმონიულ თანამშრომლობას ასახავდა. პედაგოგებმა აღნიშნეს, რომ ტექნოლოგიები გაკვეთილებში ორგანულად იყო ინტეგრირებული. მასწავლებლების აზრით, გაკვეთილები არ გამოიყურებოდა როგორც „სპეციფიკური“, განკუთვნილი მხოლოდ გადაღებისთვის, არამედ ის ყოველდღიურობას შეესაბამებოდა.

ტრენინგის ბოლოს, პედაგოგებმა ისაუბრეს მობილური აპლიკაციების და, ზოგადად, ტექნოლოგიების როლის შესახებ საგაკვეთილო პროცესში, თავიანთი პროფესიული განვითარების, შეძენილი ცოდნისა და უნარების შესახებ ამ სატრენინგო კურსის განმავლობაში.

3.2.4 განგრძობადი კვლევითი პროცესი

იმისათვის, რომ მიღებული შედეგების რელევანტურობა კიდევ უფრო განმტკიცებულიყო, განხორციელდა დროში გაწერილი კვლევითი პროცესი, რაც შესაძლებელს ხდიდა ცვლილებების დინამიკისა და ტენდენციების ამოცნობას.

განგრძობადი კვლევითი პროცესი ე.წ. „ლონგიტუდური კვლევა“, რომელიც, თავის მხრივ, არის მნიშვნელოვანი მეთოდი მონაცემთა შესწავლისთვის ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. მისი უნიკალურობა ისაა, რომ იგი ფოკუსირდება ერთი და იმავე ჯგუფის, ან ინდივიდების დაკვირვებაზე სხვადასხვა დროს, რაც მკვლევარს შესაძლებლობას აძლევს, შეაფასოს ცვლილებები, ტენდენციები და დროის გავლენა კონკრეტულ მოვლენებზე ან ქცევებზე (Ployhart, R. E., & Ward, A.K. 2011).

ლონგიტუდური კვლევა ხშირად გამოიყენება სოციალური, ფსიქოლოგიური, განათლებისა და მედიცინის სფეროებში. მისი მთავარი უპირატესობებია:

1. დროში ცვლილებების შეფასება: ამ კვლევის საშუალებით შესაძლებელია ფუნდამენტური ტენდენციებისა და განვითარების პროცესების მონიტორინგი.
2. მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების გამოკვლევა: მონაცემების ხანგრძლივად შეგროვება იძლევა საშუალებას, შეისწავლოს, როგორ გავლენას ახდენს ერთი ფაქტორი მეორეზე.
3. ინდივიდუალური განსხვავებების შეფასება: კვლევა ინდივიდუალურ დონეზე გვაძლევს უნიკალურ მონაცემებს, რომლებიც დროსთან ერთად ვითარდება.

დროში განგრძობადი კვლევითი პროცესი ძალიან ღირებულია, რადგან ის იძლევა საშუალებას, უკეთ შეფასდეს დროის გავლენა კონკრეტულ პროცესებზე და დაადგინოს ისეთი საკითხები, რომლებიც მოკლევადიანი კვლევებით შეუძნელებელი რჩება. მისი შედეგები ხშირად მნიშვნელოვანია სტრატეგიული გადაწყვეტილებების მისაღებად სხვადასხვა სფეროში.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, კვლევის დასკვნით ეტაპზე დიზაინის კვლევის ფარგლებში შემუშავებული სატრენინგო მოდულის მეშვიდე შეხვედრა გაიმართა - ფოკუსჯგუფი ტრენინგში მონაწილე პედაგოგებთან. მეშვიდე შეხვედრა ჩატარდა ბოლო, მეექვსე ტრენინგის დასრულებიდან ერთი წლის შემდეგ, რათა გამოგვეკვლია გრძელვადიანი ტრენინგის ეფექტი. ფოკუსჯგუფის კითხვები

შედგენილი იყო წინასწარ და შეხვედრა წარიმართა ონლაინ, ზუმის პლატფორმის გამოყენებით. დროში განგრძობადი კვლევითი პროცესის ფარგლებში გამოყენებული კითხვები მოცემულია დანართ 6-ში.

პირველ ყოვლისა, ჩვენთვის საინტერესო იყო, თუ რამდენად ხშირად იყენებდნენ პედაგოგები მობილურ აპლიკაციებს გაკვეთილების პროცესში და როგორ. გთავაზობთ ამონარიდებს მათი პასუხებიდან:

„წიგნებზე ხშირად მობილურ აპლიკაციებს ვიყენებ თითქმის ყველა კლასში, ასე უფრო საინტერესო და წარმატებული გაკვეთილი გამოდის.“ ნ.ჩ.

„ძალიან ხშირად ვიყენებ, სხვადასხვა ფაზაში, ვერ წარმომიდგენია ამის გარეშე.“ მ.თ.

„ჩემი ყოველდღიურობა გახდა აპლიკაციების მოხმარება“. ნ.ყ.

„გაკვეთილი გახდა „ცოცხალი“, მე თვითონ მომემატა თავდაჯერებულობა.“ ნ.ჩ.

„.... შევიძინე კოლეგები, ვისთანაც აქტიურად ვთანამშრომლობ.“ ნ.ყ.

ახალი აპლიკაციების მოძიებასთან დაკავშირებით პედაგოგებმა გაგვიზიარეს თავიანთი გამოცდილება ერთი წლის განმავლობაში ტრენინგების დასრულების შემდეგ:

„მოვიძიე ახალი აპლიკაციები ელექტრობაში.“ ნ.ყ.

„ჩამოვტვირთე ახალი აპლიკაცია spherio, რომელსაც მოწყობილობების სამართავად ვიყენებთ.“ თ.გ.

„მოვიძიე physics at school აპლიკაცია და ვიყენებ, ძალიან საინტერესოა.“ მ.ხ.

მასწავლებლებმა კვლავ გაგვიზიარეს გამოწვევები აპლიკაციების გამოყენებისას:

„ინტერნეტის პრობლემა“ - ასახელებს მასწავლებელთა აბსოლუტური უმრავლესობა.

„კვირაში 2 საათი არ არის საკმარისი ფიზიკისთვის.“ ნ.ყ.

მასწავლებლებმა აგრეთვე ისაუბრეს მოსწავლეების მოტივაციის შესახებ, მათი ინტერესის გაზრდის შესახებ ფიზიკის მიმართ:

„როდესაც მობილურ აპლიკაციებს ვიყენებთ საგაკვეთილო პროცესში, ერთი გუნდი ვხდებით ხოლმე, ინტერესი ნამდვილად გაიზარდა...“ ნ.ყ.

„მოსწავლეების რეაქცია - ხმაური, რაც მისასალმებელია... მეშვიდე, მერვეკლასელები სახლშიც იყენებენ და ითხოვენ შედეგების ახსნას.... როგორც დავაკვირდი, 70%-ით გაიზარდა ინტერესი... ყველაზე ცელქი ბავშვები, რომლებიც ადრე აცდენდნენ გაკვეთილებს, ახლა აღარ აცდენენ. ეს ჩემთვის ძალიან მნიშვნელოვანია.“ ნ.ჩ.

„თუ ვახსენებ, რომ აპლიკაციებს ვიყენებთ ან მოწყობილობებს ვაწყობთ, მოსწავლეებს დიდი ინტერესი აქვთ. მაღალ კლასებში ბევრად მარტივად ვმუშაობ, რადგან უკვე იციან, პატარებიც ერვევიან ნელ-ნელა, ინტერესის ზრდა იგრძნობა გაკვეთილის დაწყებამდე და შემდეგაც, ბევრად უფრო ეხალისებათ ასეთი გაკვეთილები მოსწავლეებს და მეც. გაკვეთილზე შემოსვლა უხარიათ და დასვენებაზეც რჩებიან, თუ ვერ მოასწრეს დასრულება, ეს ყველაზე კარგი საზომია ალბათ.“ თ.გ.

მასწავლებლებმა კვლავ ისაუბრეს ჩვენთან გავლილი ტრენინგების შესახებ, შეაფასეს მათი გავლენა პროფესიულ განვითარებაზე:

„ახალი დაწყებული მქონდა სწავლების პროცესი, როდესაც ამ ტრენინგზე მოვხვდი და ჩემთვის ორმაგად მნიშვნელოვანი იყო პროფესიული განვითარების კუთხით.“ ნ.ყ.

„ამ ტრენინგებმა დიდი გარდატეხა მოახდინა ჩემში.“ ი.ტ.

„ბევრი ანთებული თვალეები მიყურებს, მე თვითონ გავხდი თავდაჯერებული. როგორც მასწავლებელი, კმაყოფილი ვარ.“ ნ.ჩ.

„თავდაჯერება მომემატა, შევიძინე კოლეგები, ვისთანაც ვთანამშრომლობ ახლაც.“ მ.თ.

„დიდი გავლენა იქონია ჩემს პროფესიულ განვითარებაზე. ტრენინგებამდე არ ვიცოდი აპლიკაციების შესახებ. ახლა ჩემი გაკვეთილები მრავალფეროვანია. ბედნიერი ვარ, რომ გაგიცანით და მომავალშიც ვითანამშრომლებ.“ მ.კ.

„ტრენინგებმა ჩემზე დადებითი გავლენა იქონია არა მხოლოდ პროფესიულად, არამედ კოლეგებთან კომუნიკაციის შესაძლებლობებისთვის, ილიაუნისთან სამომავლო თანამშრომლობის შესაძლებლობისთვის, ხანდახან ჰაერით მჭირდება ხოლმე მსგავსი შეხვედრები, მადლობა ამისათვის.“ თ.გ.

ბოლოს, მასწავლებლებმა ისაუბრეს იმ ღონისძიებების შესახებ, რომლებიც საჭიროა მსგავსი ტრენინგების წარმატებით დაწერგვისთვის ქვეყანაში:

„მოწესრიგდეს ინფრასტრუქტურა სკოლებში. ვისურვებდი, რომ ცალკეული ოჯახების ფინანსური მდგომარეობა გამოსწორდეს, რათა მათ შეძლონ უფრო მეტად შეუწყონ ხელი შვილებს სასწავლო პროცესში, ვგულისხმობ ტექნოლოგიურ რესურსებთან წვდომას.“ ნ.ჩ.

„მოხდეს პედაგოგების პროფესიული გადამზადება. გაიზარდოს ჩართულობა მშობლების და საზოგადოების მხრიდან.“ ნ.ყ.

„წიგნებში უნდა იყოს ჩაინსტალირებული მობილური აპლიკაციები და მასწავლებლები უნდა გადამზადდნენ მის მოხმარებაში, ასევე მასალები უნდა იყოს ქართულად.“ მ.თ.

„ლინკების სახით უნდა იყოს აპლიკაციები სახელმძღვანელოებში და მკაფიოდ უნდა იყოს ახსნილი ინსტრუქციები.“ მ.კ.

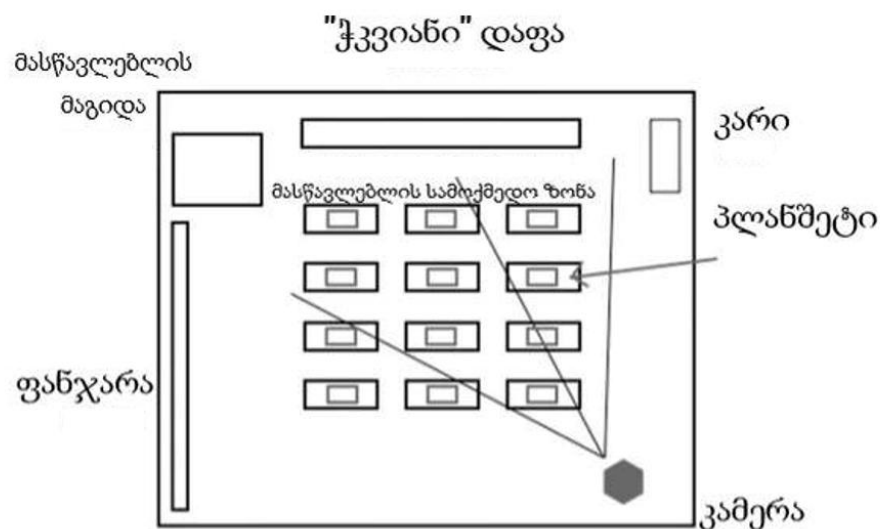
ჩატარებული ტრენინგების ანალიზისა და მიღებული შედეგების ინტერპრეტაცია მოცემულია ნაშრომის მე-5 თავში.

3.3 ვიდეოანალიზის მეთოდი

თანამედროვე კვლევებზე დაყრდნობით, საბუნებისმეტყველო საგნების სწავლებისას დიდი ყურადღება ეთმობა პედაგოგების კომპეტენციებს TPACK ჩარჩოს მიხედვით, კერძოდ, რამდენად წარმატებით იყენებენ ისინი ტექნოლოგიებს თავიანთ საკლასო ოთახებში (Hsu, 2015). იმისათვის, რომ შეფასდეს ტექნოლოგიების გამოყენება საგაკვეთილო პროცესში, შეირჩა ვიდეოდაკვირვების მეთოდი (Graham, 2009), რომლის დახმარებითაც, შეგვიძლია მიმდინარე სიტუაციის აღწერა ტექნოლოგიების გამოყენებისას საგაკვეთილო პროცესში.

ვიდეოს გამოყენებით სწავლების ანალიზი არის მეთოდი, რომელიც პედაგოგს საშუალებას აძლევს. გაიუმჯობესოს თავისი პრაქტიკა (Seidel, 2014), რადგან ხშირად გაკვეთილის მსვლელობისას არის გარკვეული ქმედებები და სიტუაციები, რომლებიც არ ამახსოვრდება პედაგოგს. ვიდეოს შემდგომი ანალიზი კი ეხმარება მას, განივითაროს საკუთარი უნარ-ჩვევები (Hiebert, 2003). ვიდეომონაცემები ასევე ხელსაყრელი და საინტერესოა მკვლევრებისათვის, რადგან მათ შეუძლიათ ჩაატარონ განმეორებითი კვლევა (Derry, 2010). თუმცა, ვიდეოანალიზი არ არის საკმარისი იმისათვის, რომ სრულად აღვწეროთ საკლასო აქტივობები, ამისათვის საჭიროა დამატებითი გამოცდილება (Stigler, 2000).

ვიდეოს გადაღებისას თავად კამერა დაყენებული უნდა იყოს საკლასო ოთახის უკანა კუთხეში, ფართო კუთხური ხედვით. კამერის უკან დაყენება მნიშვნელოვანია, რომ არ მოხდეს მოსწავლეების სახეების იდენტიფიცირება. (სურათი-1).



სურათი 1. ვიდეო გადაღების სქემა.

წარმოდგენილ ნაშრომში ვიდეოანალიზის მეთოდის გამოყენების მიზანია, დავაკვირდეთ საბუნებისმეტყველო საგნების პედაგოგების TPACK უნარებს ორივე შემთხვევაში, მაშინ, როდესაც ემზადება პედაგოგი საგაკვეთილო პროცესისათვის და მაშინაც, როდესაც რეალურად ატარებს გაკვეთილს TPACK ჩარჩოს მიხედვით. ასევე, კვლევის შედეგად შეგვიძლია განვაზოგადოთ მიღებული შედეგები და ვისაუბროთ იმ პრობლემების შესახებ, რომლებსაც მასწავლებლები აწყდებიან საგაკვეთილო პროცესში ტექნოლოგიების ინტეგრაციისას. ვიდეოანალიზის გამოყენება კვლევის პროცესში წარმოადგენს დამხმარე საშუალებას, რათა დამატებით განხორციელდეს პედაგოგთა ტექნოლოგიური კომპეტენციის განვითარებაზე დაკვირვება. აღნიშნული მეთოდი მათ შესაძლებლობას აძლევს, აღიქვან და გაანალიზონ საკუთარი პრაქტიკა TPACK-ის ჩარჩოს მიხედვით, გამოავლინონ ტექნოლოგიური ინტეგრაციისას გამოკვეთილი წინაღობები და მიზნობრივად იმუშაონ მათი გაუმჯობესების მიმართულებით. ანალიტიკური უკუკავშირის საფუძველზე მასწავლებლები უკეთ იაზრებენ ტექნოლოგიის, პედაგოგიკისა და საგნობრივი შინაარსის

ურთიერთმიმართებას, რაც მნიშვნელოვანია პროფესიული სრულყოფისა და სწავლა-სწავლების ხარისხის გაუმჯობესებისთვის.

ვიდეოგადაღების პროცესი წარიმართა შემდეგნაირად: მეხუთე ტრენინგის დასრულებისას პედაგოგებს დაევალიათ თავიანთი რეალური გაკვეთილის გადაღება, რისი ინსტრუქციაც ტრენინგზე მიიღეს. ვიდეოგადაღების ნებართვა სკოლებმა განათლების სამინისტროსგან მიიღეს ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის წერილის საფუძველზე. ამ ნებართვის მიღების შემდეგ პედაგოგებმა გადაიღეს გაკვეთილის ვიდეო და გადმოგვიგზავნეს ელფოსტის საშუალებით. ვიდეოში არსებული კადრების ანალიზი მიმდინარე კვლევის ერთ-ერთ შედეგს წარმოადგენს.

3.4 კვლევის შეზღუდვები

მიმდინარე კვლევას აქვს გარკვეული შეზღუდვები, რომლებიც უნდა იქნას გათვალისწინებული შედეგების ზუსტი ინტერპრეტაციისთვის.

მონაწილეთა შერჩევის პროცესი - საქართველოს ფიზიკის მასწავლებელთა გარკვეულ ნაწილს არ მიეცა რაოდენობრივ კვლევაში მონაწილეობის შესაძლებლობა. აღნიშნული შეზღუდვა მნიშვნელოვანია, რადგან შესაძლოა, გავლენა მოახდინოს შედეგების განზოგადებაზე ქვეყნის მასშტაბით.

მონაცემების შეგროვება და გაზომვა - მონაცემების შეგროვებისა და გაზომვის პროცესში გამოყენებულმა მეთოდებმა შესაძლოა, მიკერძოება გამოიწვიოს (მაგალითად, თვითშეფასების მეთოდის შემთხვევაში).

დროის შეზღუდვა - ერთი წლის განმავლობაში ჩატარებულმა კვლევამ შესაძლოა, სრულად ვერ დააფიქსიროს უფრო გრძელვადიანი ეფექტები.

დასკვნა და რეკომენდაციები - მიუხედავად იმისა, რომ ამ კვლევამ მნიშვნელოვანი შედეგები წარმოადგინა საქართველოში ფიზიკის მასწავლებელთა ტექნოლოგიური უნარების განვითარების შესახებ, ზემოთ ხსენებული შეზღუდვების გათვალისწინება აუცილებელია შედეგების ინტერპრეტაციისას.

4. შედეგები

4.1 რაოდენობრივი კვლევის შედეგები

რაოდენობრივი კვლევისთვის გამოყენებული იქნა TPACK კითხვარი (Graham et al., 2010). კითხვარის ქართული ვერსია ნაშრომს თან ერთვის დანართი 1-ის სახით.

კვლევის შედეგად მიღებულია სულ 135 მონაცემი, სადაც გამოვლინდა 4 ძირითადი კონსტრუქტი: TPCK (ტექნოლოგიური პედაგოგიური საგნობრივი ცოდნა), TPK (ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნა), TCK (ტექნოლოგიური საგნობრივი ცოდნა) და TK (ტექნოლოგიური ცოდნა). ჯამში, გამოიყო 31 ცვლადი. მონაცემების დამუშავებისათვის გამოყენებული იქნა R და SPSS პროგრამები. თავდაპირველად ჩატარდა კონსტრუქტების სანდოობის ანალიზი - R-ის ბიბლიოთეკების lavaan-ის და semTools-ის გამოყენებით.

კითხვარში წარმოდგენილია კომპონენტები რესპონდენტთა ტექნოლოგიურ ცოდნასთან დაკავშირებული თავდაჯერებულობის შესაფასებლად. თითოეული კომპონენტი შეფასდა 6-ქულიანი ლიკერტის სკალით, სადაც: 1=საერთოდ არ ვარ დარწმუნებული; 2=მცირედ ვარ დარწმუნებული; 3=გარკვეულწილად ვარ დარწმუნებული; 4=საკმაოდ ვარ დარწმუნებული; 5=თითქმის სრულად ვარ დარწმუნებული; 6=სრულად ვარ დარწმუნებული. TCK ბლოკის შეკითხვებს ჰქონდა დამატებით 0=არ ვიცი ამ ტიპის ტექნოლოგიის შესახებ.

კითხვარების შინაარსობრივი ვალიდურობა ეფუძნება TPACK-ისა და PCK-ის ლიტერატურაში მოცემულ განმარტებებსა და აღწერებს (Cavin, 2008).

თითოეული კონსტრუქტისთვის სანდოობის მახასიათებლის განსასაზღვრად გამოვთვალეთ Cronbach-ის α . შესაბამისი შედეგები წარმოდგენილია ცხრილ 3-ში.

კონსტრუქტები	კრომბახის α
ტექნოლოგიური პედაგოგიური საგნობრივი ცოდნა (TPCK)	.95
ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნა (TPK)	.95
ტექნოლოგიური საგნობრივი (TCK)	.95
ტექნოლოგიური ცოდნა (TK)	.92

ცხრილი 3. კონსტრუქტების სანდოობის კოეფიციენტები.

კვლევის შედეგები მიუთითებს, რომ შეფასების ინსტრუმენტი მაღალი სანდოობით გამოირჩევა. ყველა კონსტრუქტისთვის Cronbach-ის α კოეფიციენტი აღემატება 0.90-ს, რაც მიუთითებს შიდა თანმიმდევრულობის მაღალ დონეზე (Nunnally & Bernstein, 1994). შესაბამისად, კვლევაში გამოყენებული სკალები შესაფერისია TPACK-თან დაკავშირებულ ცოდნის დომენებში თავდაჯერებულობის შესაფასებლად.

კონსტრუქტების სანდოობის დადასტურების (ტექნოლოგიური პედაგოგიური შინაარსობრივი ცოდნა - TPCK, ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნა - TPK, ტექნოლოგიური შინაარსობრივი ცოდნა - TCK, და ტექნოლოგიური ცოდნა - TK) შემდეგ და Cronbach-ის α კოეფიციენტების მაღალი მნიშვნელობების დაფიქსირებისას, თითოეული კონსტრუქტისთვის გამოვთვალეთ შედგენილი ცვლადები, როგორც თითოეულ კონსტრუქტში შემავალი შესაბამისი ყველა კითხვის საშუალო ქულა.

შედგენილი ცვლადების გამოთვლის შემდეგ ჩავატარეთ ვალიდაციის პროცედურა, რათა დადგენილიყო ამ გაზომვის სანდოობა. აღნიშნული პროცედურა მოიცავდა თითოეული საშუალო ქულის კორელაციას შესაბამის ინდიკატორებთან. ანალიზმა

აჩვენა საკმაოდ მაღალია კორელაციები, რაც ადასტურებს შედგენილი ცვლადების ვალიდობას და მათ სანდოობას ძირითადი კონსტრუქტების აღწერისას.

მიღებული შედეგები ამტკიცებს, რომ შედგენილი ცვლადები ეფექტურად გადმოსცემს ტექნოლოგიური პედაგოგიური საგნობრივი ცოდნის (TPCK), ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნის (TPK), ტექნოლოგიური საგნობრივი ცოდნის (TCK) და ტექნოლოგიური ცოდნის (TK) კონსტრუქტების არსს.

კვლევაში მონაწილეთა თავდაჯერებულობის შეფასება ძირითადად ოთხ TPACK კონსტრუქტს შეეხებოდა. თითოეული კონსტრუქტისთვის (TPCK, TPK, TCK და TK) გამოთვლილია აღწერითი სტატისტიკური მაჩვენებლები, მათ შორის: საშუალო მნიშვნელობა, სტანდარტული გადახრა, მინიმალური და მაქსიმალური მაჩვენებლები (იხილეთ ცხრილი 4).

კომპოზიციური		სტანდარტული			
ცვლადები	საშუალო	გადახრა	N	მინიმუმი	მაქსიმუმი
TPCK	4.55	.99164	135	2.00	6.00
TPK	4.79	.91803	135	2.29	6.00
TCK	3.71	1.45223	135	.00	6.00
TK	4.70	.91974	135	1.73	6.00

ცხრილი 4. აღწერითი სტატისტიკური მაჩვენებლები

აშკარაა, რომ ფიზიკის მასწავლებლები უფრო მეტად თავდაჯერებულნი არიან ტექნოლოგიურ პედაგოგიურ ცოდნაში (TPK-ს საშუალო = 4.79). ეს მიუთითებს იმაზე, რომ მათ შეუძლიათ მოსწავლეთა ჩართულობის გასაუმჯობესებლად და სწავლების ეფექტურობის გასაზრდელად ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება.

თუმცა მათ უფრო ნაკლები თავდაჯერებულობა აქვთ ტექნოლოგიურ შინაარსობრივ ცოდნასთან მიმართებით (TCK-ს საშუალო = 3.71). ეს, სავარაუდოდ, მიუთითებს იმ საკითხზე, რაშიც საჭიროა დამატებითი მხარდაჭერა - საგნის შინაარსზე მორგებული ტექნოლოგიების ინტეგრირების პროცესზე.

TPACK-ის ჩარჩოს კონსტრუქტებთან დაკავშირებული შეფასების სანდოობის დასადასტურებლად, Cronbach-ის ალფას გარდა, გამოვთვალეთ საშუალო ვარიაცია (AVE - Average Variance Extracted).

მაღალი AVE მნიშვნელობები მიუთითებს, რომ ინდიკატორების ვარიაციის დიდი ნაწილი აიხსნება ლატენტური ცვლადით, რაც კონსტრუქტის ვალიდურობის კარგი ხარისხის მაჩვენებელია (იხილეთ ცხრილი 5).

	TPCK	TPK	TCK	TK
საშუალო				
ვარიაცია	71.07%	73.72%	80.14%	56.32%

ცხრილი 5. საშუალო ვარიაცია (AVE)

თუმცა, ტექნოლოგიური ცოდნის (TK) კონსტრუქტს აქვს შედარებით დაბალი საშუალო ვარიაცია (AVE) - 56.32%, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ვარიაციის მნიშვნელოვანი ნაწილი შესაძლოა გამოწვეული იყოს გაზომვის შეცდომით ან იმით, რომ კონსტრუქტი სრულად ვერ ასახავს შესაბამის შინაარსს.

ეს დაბალი პროცენტი ხაზს უსვამს აუცილებლობას, ჩატარდეს დამატებითი გამოკვლევა, რათა კონსტრუქტის ვალიდურობა დადასტურდეს. ამიტომ, ჩავატარეთ პირველადი ფაქტორული ანალიზი (Exploratory) ყველა ცვლადზე. შედეგები წარმოდგენილია მე-6 ცხრილში.

სრული ვარიაცია						
კომპონენტები	საწყისი საკუთარი მნიშვნელობები			როტაციის შედეგად მიღებული დატვირთვების კვადრატული ჯამები		
	სრული	% ვარიაცია	კუმულაციური %	სრული	% ვარიაცია	კუმულაციური %
1	17.82	57.48	57.48	8.93	28.79	28.79
2	2.52	8.11	65.59	5.18	16.71	45.50
3	1.54	4.96	70.55	4.53	14.61	60.11
4	1.25	4.03	74.58	4.49	14.47	74.58

ცხრილი 6. პირველადი ფაქტორული ანალიზი.

პირველადი ფაქტორული ანალიზი აღნიშნული კონსტრუქტების დამატებითი ანალიზის საშუალებას გვაძლევს, განსაკუთრებით იმ გარემოების მოსაგვარებლად, რომელიც გამოწვეულია ტექნოლოგიური კონსტრუქტის (TK) დაბალი AVE-ით. აღნიშნული ანალიზი ხელს შეუწყობს TPACK-ის შესაფასებლად უფრო ზუსტი და ეფექტური საზომი ინსტრუმენტის განვითარებას, რაც საბოლოო ჯამში სასიკეთოდ აისახება საგანმანათლებლო პრაქტიკებზე.

ფაქტორული ანალიზის შედეგებმა ცვლადები ოთხ ფაქტორად გააერთიანა, რომლებიც მთლიანი ვარიაციის დაახლოებით 75%-ს ხსნიან.

ყველა ცვლადზე ჩატარებული პირველადი ფაქტორული ანალიზის შედეგად კვლავ გამოვლინდა 4 ფაქტორი, თუმცა მიმდინარე კვლევაში ცვლადები გადანაწილდა შემდეგნაირად: (იხილეთ ცხრილი 7).

	კომპონენტები			
	iTPK	TCK	sTK	cTK
TPCK1	.648			
TPCK2	.453			
TPCK3	.741			
TPCK4	.815			
TPCK5	.799			
TPCK6	.725			
TPCK7	.733			
TPCK8	.667			
TPK1	.821			
TPK2	.738			
TPK3	.688			
TPK4	.695			
TPK5	.760			
TPK6	.686			
TPK7	.447			
TCK1		.762		
TCK2		.652		
TCK3		.854		
TCK4		.833		
TCK5		.823		
TK1				.712
TK2				.783
TK3				.819
TK4				.798
TK5				.676
TK6			.657	
TK7			.724	

TK8			.686	
TK9			.761	
TK10			.679	
TK11			.675	

ცხრილი 7. როტაციული კომპონენტების ცხრილი (მატრიცა)

ამის შემდეგ განხილული იქნა ახალი კონსტრუქტები, სადაც ცვლადები გადანაწილდა ფაქტორული ანალიზის შედეგებზე დაყრდნობით. კონკრეტულად, პირველ კონსტრუქტში გაჩნდა ახალი ცვლადი – ინტეგრირებული ტექნოლოგიურ-პედაგოგიური ცოდნა (iTPK), რომელიც აერთიანებს საწყის ორ კონსტრუქტს - TPCk-სა და TPK-ს. ხოლო საწყისი კონსტრუქტი TK დაიყო ორ ნაწილად: მარტივი ტექნოლოგიური ცოდნა (sTK - TK1-TK5) და კომპლექსური ტექნოლოგიური ცოდნა (cTK - TK6-TK11). ახალ კონსტრუქტებს სახელები მივანიჭეთ პირობითად მათი შინაარსიდან გამომდინარე.

ამ ახალი კონსტრუქტებისთვის კიდევ ერთხელ ჩატარდა კონსტრუქტების სანდოობის ანალიზი R-ის 'lavaan' პაკეტის გამოყენებით.

ამ შემთხვევაშიც ინდიკატორების კორელაცია ლატენტურ ცვლადებთან მაღალია, ხოლო სანდოობის მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 8.

	iTPK	TCK	sTK	cTK
კრომბახის α	0.97	0.95	0.88	0.91
საშუალო ვარიაცია	69.22%	80.13%	62.30%	64.09%

ცხრილი 8. სანდოობის მახასიათებლები (Cronbach-ის ალფა (α) და საშუალო ვარიაციის მაჩვენებელი (AVE)).

მიღებულ იქნა ახალი კონსტრუქტები, სადაც ცვლადები ჯგუფებად გადანაწილდა ფაქტორული ანალიზის შედეგების საფუძველზე. კონკრეტულად, ტექნოლოგიურ პედაგოგიურ საგნობრივ კონსტრუქტში გაერთიანდა საწყისი ორი კონსტრუქტის (ტექნოლოგიური პედაგოგიური საგნობრივი ცოდნა და ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნა) ყველა ცვლადი, ხოლო ტექნოლოგიური ცოდნის საწყისი კონსტრუქტი გაიყო ორ ნაწილად.

ფაქტორული ანალიზის შედეგები კარგად ხსნის იმ მონაცემებს, რომლებიც ასახავს საგანმანათლებლო ტენდენციებს, საჭიროებებს და არსებული რესურსების გამოყენებას. საქართველოში მსგავსი კონსტრუქტები ეხმიანება ადგილობრივი განათლებისა და ტექნოლოგიების მართვის რეალურ სიტუაციას.

ის, რომ ტექნოლოგიური პედაგოგიური საგნობრივი ცოდნა (TPCK) და ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნა (TPK) გაერთიანდა, შესაძლოა აიხსნას იმით, რომ ეს ორი კომპონენტი ხშირად მჭიდროდ არის დაკავშირებული ერთმანეთთან და პრაქტიკაში მათი გამოიყენება ერთიანად. ეს შეიძლება იყოს სწავლების ინტეგრირებული მიდგომის საჭიროება, რომელიც უფრო ეფექტური შედეგის მიღწევას ისახავს მიზნად.

რაც შეეხება TK-ის გაყოფას ორ ნაწილად, ეს შეიძლება ასახავდეს ჩვენი ქვეყნის სასწავლო პროცესის სპეციფიკას, როცა სხვადასხვა ფაქტორი, მაგალითად, რეგიონული განსხვავებები და რესურსების ხელმისაწვდომობა, გარკვეულწილად განაპირობებს მასწავლებელთა პროფესიულ განვითარებას, ეს კი გავლენას ახდენს მათ ცოდნაზე, სწავლის მეთოდებსა და მიდგომებზე.

4.2 თვისებრივი კვლევის შედეგები

მიმდინარე ნაშრომში თვისებრივი კვლევა მოიცავდა როგორც ინდივიდუალური ინტერვიუების ჩატარებას შერჩეულ პედაგოგებთან, ასევე ფოკუს ჯგუფებს. ინტერვიუები ჩატარა სადისერტაციო ნაშრომის ავტორმა. ინტერვიუების

ტრანსკრიპტების კოდირება გაკეთდა პროგრამა - Nvivo 15-ის საშუალებით. თვისებრივი კვლევის ინსტრუმენტი შეიძლება ჩაითვალოს სანდოდ, რადგან რესპონდენტებმა კითხვები ერთი და იმავე მნიშვნელობით გაიგეს, რაც მათი პასუხებით დადასტურდა. მონაცემების კოდირება ორი დამოუკიდებელი მკვლევრის მიერ განხორციელდა, ხოლო პირველადი დამუშავების შემდეგ კოდები ხელახლა გაანალიზდა, რათა მათი გაგების თანმიმდევრულობა გადამოწმებულიყო. შესაბამისად, ეს პროცესი დაეხმარა კვლევის შედეგების სანდოობის დამტკიცებას. გარდა ამისა, Nvivo 15-ის საშუალებით გამოთვლილი სანდოობის კოეფიციენტი - კოჰენის კაპა (Cohen's Kappa coefficient) - 80% თანხვედრას მიუთითებს.

ტრანსკრიპტების ანალიზის, კოდირების, რეკოდირების და ოპტიმიზირების შემდეგ გამოიყო შემდეგი კატეგორიები:

1. ტექნოლოგიების გამოყენება (ზოგადად);
2. მობილური აპლიკაციები;
3. ტრენინგები და პროექტები (SALiS, მასწავლებლის სახლი, სამინისტრო)
4. ინტერესი, მოტივაცია (მობილურ და სხვა აპებთან მიმართებით);
5. შეფასება (მობილური აპების გამოყენება).
6. გამოწვევები (ინტერნეტის პრობლემა, ელექტროენერგიის პრობლემა, ენობრივი ბარიერი, სკოლის მხარდაჭერა, არასაკმარისი საგაკვეთილო საათები, ვიდეო გადაღება, მოსწავლეთა რაოდენობა, პირადი ხარჯები, რესურსების ხელმისაწვდომობა);

შედეგები კატეგორიების მიხედვით:

შედეგების მეტად თვალსაჩინოდ წარმოსადგენად თითოეულ კატეგორია განხილულია დეტალურად:

1. ტექნოლოგიების გამოყენება (ზოგადად):

ტექნოლოგიების გამოყენებასთან დაკავშირებით თითქმის ყველა პედაგოგს განსხვავებული დამოკიდებულება ჰქონდა, მათი შეხედულებები საკმაოდ მრავალფეროვანია, რაც ნათლად ჩანს მათი პასუხებიდან. გთავაზობთ ამონარიდებს პედაგოგთა ინტერვიუებიდან. (პასუხი კითხვაზე: „იყენებთ თუ არა ტექნოლოგიებს საგაკვეთილო პროცესში?“)

„...ვიყენებ ძირითადად პროექტორს, ასევე Teams-ის ბმულში ან სასაუბროში ლინკებს ვაზიარებ, ასევე სკოლის სოციალურ ქსელში ვაზიარებ ლინკებს. თითოეული კლასისთვის შექმნილი გვაქვს ფიზიკის სასაუბრო ჩათები, სადაც ასევე ლინკებს ვაზიარებ და ვიხილავთ ამ ლინკებს.“ (მ.ხ.)

„საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების კაბინეტში გვაქვს ერთი კომპიუტერი და ერთი პროექტორი. ამას ვამატებ ჩემს ლეპტოპს, და საბედნიეროდ, მაქვს რამდენიმე არდუინო (ექვსი). ამ ორი კომპიუტერის გამოყენებით ვასწავლი არდუინოზე მუშაობას ბავშვებს, განსაკუთრებით მე-10 და მე-11 კლასში, სადაც ელექტრობის ნაწილი გვჭირდება. გარდა ელექტრობისა, სხვა ხელსაწყო ფიზიკურად არა მაქვს.“ (გ.ი.)

„შემიძლია ვთქვა, რომ ძალიან ხშირად ვიყენებ საგაკვეთილო პროცესში ვირტუალურ ლაბორატორიას.“ (მ.თ.)

„კოლორადოს სიმულაციებს ვიყენებ, ასევე CK-12-ის პორტალს. გაკვეთილისთვის პრეზენტაციას ხშირად ვამზადებ, ხშირად კოლეგების გამზადებულს ვიყენებ ხოლმე, ჯგუფში დებენ და ძალიან ბევრი კარგი მზა რესურსია.“ (ნ.შ.)

ფოკუსჯგუფის მიმდინარეობისას პედაგოგები იხსენებდნენ სხვადასხვა აქტივობას, ხშირი იყო კითხვის ფოკუსიდან გადახვევა და პირად გამოცდილებებზე საუბარი.

„საკუთარი ლეპტოპის და ტელეფონის დახმარებით ...STEM სივრცე არის Facebook-ზე და მოვიძიე ბევრი რესურსი როგორც საშინაო, ასევე საკლასო ლაბორატორია.“ (ნ.ყ.)

„ბავშვები როგორც კი დაინახავენ კომპიუტერს ან ექსპერიმენტისთვის საჭირო ხელსაწყოებს, მათი ყურადღება მთლიანად მომართულია ჩემკენ...“ (ნ.ჩ.)

„შარშან ჩემი მოსწავლეები პროექტში ჩავრთე და მობილური აპლიკაცია გააკეთეს, წელს ძალიან ბევრი მსურველი მყავს, რომ ასეთ პროექტებში ჩავრთო.“ (თ.გ.)

„Google-ში ვაძლევ ხოლმე დავალებებს იმიტომ, რომ ჩემთვისაც გაცილებით უფრო პრაქტიკულია ამ დავალების შესწორება, ვიდრე რვეულები წავიღო და გავასწორო. თან ეს ვიცი, რომ არსად არ დაიკარგება და ჩემს Google drive-ში იქნება...“ (მ.ც.)

მრავალფეროვანი პასუხები ასახავს ტექნოლოგიების ინტეგრაციის როგორც პოტენციალს, ასევე გამოწვევებს განათლებაში. ინსტრუმენტებისა და რესურსების მრავალფეროვნება საშუალებას აძლევს მასწავლებლებს, მოარგონ თავიანთი მიდგომები საკუთარ უნიკალურ სასწავლო სტილსა და მოსწავლეების საჭიროებებს. ეს პერსონალიზაცია შეიძლება გახდეს უფრო საინტერესო და ეფექტური სასწავლო გამოცდილების საფუძველი. მასწავლებლები აღნიშნავენ, რომ ტექნოლოგიების გამოყენებას საკლასო ექსპერიმენტების ჩატარების მიზნით აქვს უდიდესი გავლენა მოსწავლეთა გაზრდილ ინტერესზე.

2. მობილური აპლიკაციები: ამ კატეგორიაში განიხილება, პედაგოგებს ჰქონდათ თუ არა ადრე გამოცდილება მობილური აპლიკაციების გამოყენების მიმართულებით და რამდენად ეფექტურად იყენებდნენ მათ სასწავლო პროცესში.

ტრენინგის შედეგად მიღებული ცოდნის საფუძველზე პედაგოგებისთვის უფრო ნათელი გახდა სხვადასხვა აპლიკაციის შესაძლებლობები და ფუნქციები, რაც მათ დაეხმარა არჩევანის გაკეთებაში. პედაგოგები უპირატესობას ანიჭებენ იმ მობილურ აპლიკაციებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ მარტივ და ინტუიციურ ინტერფეისს, ხელს უწყობენ სწავლის პროცესის გამარტივებას და მოსწავლეთა ჩართულობის.

„მე-11 კლასში, ისეთი თემებია, რომ აპლიკაცია Phypox კარგად შეესაბამება მასალას.“
(ნ.შ.)

„მე ძალიან დამეხმარა ეს მობილური აპლიკაციები. Phypox ძალიან მომწონს, მაგრამ არ არის ყველა თემა, ვისურვებდი, რომ ისეთი აპლიკაცია არსებობდეს, რომელიც ყველა საგაკვეთილო პროცესის დროს მექნება, როგორც სახელმძღვანელო.“ (ნ.ფ.)

„მოსწავლეებს გადმოწერილი ჰქონდათ Phypox-ის აპლიკაცია, ექსპერიმენტისთვის დამატებითი რესურსი ძალიან მარტივად გავაკეთეთ, მუყაოს რულონები გავჭერი ტელეფონის ზომაზე.... ტელეფონი ბამბის ძაფით ჩამოვკიდე. აპლიკაცია წარვადგინე, ინფორმაცია მივაწოდე, საკმაოდ კარგი გაკვეთილი გამოვიდა. სიმართლე გითხრათ, თავიდან ცოტა არასანდოდ ვუყურებდი აპლიკაციების გამოყენებას საგაკვეთილო პროცესში, თუმცა მივხვდი, რომ მათი გამოყენება ძალიან სასარგებლო იქნება. ინტერესი გამოიწვია და გამიხარდა ძალიან, რომ ბავშვები აქტიურად იყვნენ ჩართულები.“ (ნ.ყ.)

„ჩართულობაც იმატებს და მოტივაციაც. რა შედეგს მიიღებენ, აინტერესებთ მოსწავლეებს და ჩემი აზრით, ძალიან კარგია. ძალიან მომეწონა გაკვეთილი, და მიზანი, რაც დაგეგმილი მქონდა, მიღწეული იყო.“ (ი.ტ.)

„წავაწყდით პრობლემას - არც ჩემს ტელეფონში არ გამოჩნდა მიღებული ფერი, არც სხვასთან. შეგვექმნა დაბრკოლება... 45 წუთში მოვახერხეთ ის, რომ პრობლემასაც გავუმკლავდით და გამოსავალი მოვძებნეთ.“ (მ.თ.)

„.....რამდენჯერმე გამოვიყენე ეს აპლიკაცია სხვადასხვა კლასში და თვითონაც (მოსწავლეებმა) გამოთქვეს სურვილი, რომ სხვებს აჩვენონ და ექსპერიმენტები ჩაუტარონ. ყუთი დავტოვე სკოლაში, ჩემი მოსწავლეები ატარებენ ხოლმე გაკვეთილების მერე ან დასვენებებზე ექსპერიმენტებს, ვხედავ ხოლმე, რომ ტელეფონები აქვთ შიგნით ჩადებული... ამოწმებენ შედეგს.“ (ნ.ყ.)

მობილური აპლიკაციების განხილვამ გამოავლინა მასწავლებლების ცოდნისა და აპლიკაციების გამოყენების განსხვავებული დონე. Phyphox აპლიკაცია გამოვლინდა, როგორც სასარგებლო ინსტრუმენტი კონკრეტული კლასებისთვის და თემებისთვის. თუმცა, გამოიკვეთა მოთხოვნა უფრო კომპლექსური და მრავალფუნქციური აპლიკაციების მიმართ, რომლებიც შესაძლებელი იქნებოდა, სისტემატურად გამოყენებულიყო სხვადასხვა გაკვეთილის გეგმაში. მთლიანობაში, მობილური აპლიკაციები პოზიტიურად შეფასდა, მაგრამ როგორც მასწავლებლები აღნიშნავენ, არსებობს საჭიროება უფრო მრავალმხრივი და ფართოდ გამოყენებადი ინსტრუმენტებისა, რომლებიც დააკმაყოფილებენ განსხვავებულ საგანმანათლებლო საჭიროებებს.

3. **ტრენინგები:** ამ კატეგორიაში განხილულია ზოგადად ტრენინგებზე მიღებული ცოდნის გამოყენება. იგულისხმება არა მარტო ჩვენ მიერ ჩატარებული ტრენინგი, არამედ მანამდეც თუ ჰქონიათ პედაგოგებს მსგავსი გამოცდილება და შემდეგ თუ გამოუყენებიათ რეალურ საგაკვეთილო პროცესში ამა თუ იმ ტრენინგზე მიღებული ცოდნა.

მაგალითისთვის მასწავლებლებს მოჰყავთ ფიზიკის მასწავლებლების პროფესიული გადამზადების მიზნით ჩატარებული სხვადასხვა ტრენინგი.

„თქვენგან მიღებულ ცოდნას, გაცილებით უფრო მეტად ვიყენებთ და გამოვიყენებთ ვიდრე დანარჩენს. რადგან ტელეფონი ყველას გვაქვს...“ - (მ.კ.)

„ზოგადად მინდა ვთქვა, რომ ძალიან ბევრი მომცა ამ ტრენინგებმა, და თითოეული განხილული ვიდეოდან (ჩემი კოლეგების გაკვეთილების) მინდა, რომ ავიღო რაღაც ჩემს პრაქტიკაში.“ (მ.თ.)

„ბევრი მომცა ტრენინგმა და ბევრი მასწავლა“. (ი.ტ.)

„ძალიან კმაყოფილი ვარ ჩემი თავით, ამ ტრენინგებით და ჩემი შედეგითაც. თავდაჯერებული გავხდი მობილური აპლიკაციების გამოყენების კუთხით და

ვფიქრობ, ჩემი შესაძლებლობების მაქსიმუმს ვაკეთებდი ამ პროექტის ფარგლებში და შედეგიც ჩემთვის დამაკმაყოფილებელია.“ (ნ.ყ.)

„კმაყოფილი ვარ თქვენთან მუშაობით, ასევე ჩემს თავზე მუშაობით, რომ ბევრი რამე შევიძინე თქვენთან თანამშრომლობით“- (მ.კ.)

„ცოდნა შევიძინეთ, გავიზარდე პროფესიულად ტექნოლოგიების გამოყენების კუთხით, კერძოდ, მობილური აპლიკაციების გამოყენებით საგაკვეთილო პროცესში.“ (ნ.ჩ.)

„ვცდილობდი, რომ მაქსიმალურად ჩართული ვყოფილიყავი, არაფერი გამომეტოვებინა. ძალიან მინდოდა, რომ მოცემული დავალებები კარგად გამომსვლოდა და მომდევნო უფრო უკეთესი ყოფილიყო წინაზე. კმაყოფილი ვარ და ვისურვებდი, კიდევ გაგრძელდეს მსგავსი შინაარსის ტრენინგები.“ (ნ.ფ.)

„თქვენმა მოცემულმა ცოდნამ ძალიან გამზარდა. კიდევ ერთხელ ძალიან დიდი მადლობა.“ (მ.კ.)

მასწავლებელთა პასუხები ხაზს უსვამს, რამდენად მნიშვნელოვანია კარგად სტრუქტურირებული ტრენინგები, რომლებიც უზრუნველყოფენ პრაქტიკულ და გამოყენებად ცოდნას და ხელს უწყობს თანამშრომლობითი სასწავლო გარემოს შექმნას.

მასწავლებლების პოზიტიური შეფასებები აჩვენებს, რამდენად აფასებენ ისინი პროფესიული განვითარების უწყვეტ პროცესს და ახალი სტრატეგიების ინტეგრაციას თავიანთ სასწავლო პრაქტიკაში.

4. ინტერესი, მოტივაცია (მობილურ აპლიკაციებთან მიმართებით): ამ კატეგორიაში განვიხილავთ, რა გავლენა იქონია მობილური აპლიკაციების გამოყენებამ მოსწავლეთა მოტივაციასა და ჩართულობაზე სასწავლო პროცესში.

მობილური აპლიკაციების ინტერაქტიური ფუნქციების ხელმისაწვდომობა მნიშვნელოვნად ზრდის მოსწავლეების ცნობისმოყვარეობასა და სწავლისადმი ინტერესს. გარდა ამისა, სასწავლო მასალებზე წვდომის შესაძლებლობა ნებისმიერ დროს და ნებისმიერ ადგილას ხელს უწყობს მოსწავლეთა დამოუკიდებლობას და უზრუნველყოფს აქტიურ მონაწილეობას სასწავლო პროცესში.

„STEM კლუბიც ჩამოვაყალიბეთ და უკვე სამი შეხვედრა გვექონდა. ძალიან მოტივირებულები არიან ის მოსწავლეები, რომლებიც კლუბში გაწევრიანდნენ...“ (ნ.ჩ.)

„ბავშვები, რა თქმა უნდა, უფრო აქტიურად არიან ჩართულები მობილური აპლიკაციების გამოყენების პროცესში.... იმდენად უნდათ და აინტერესებთ, რომ ყველამ შეასრულა გაზომვები და შეადარეს ერთმანეთის მიღებულ შედეგებს.“ (მ.კ.)

„პირველ რიგში, სასიხარულოა ის, რომ მოსწავლე გაკვეთილზე არის აქტიურად ჩართული, როცა მასწავლებელი გაკვეთილს ხსნის და აქტივობებს აკეთებს, მოსწავლეებიც თავიანთი ტელეფონით იმავეს იმეორებენ და მათთვის ეს პროცესი ძალიან სახალისოა. აპლიკაციების მეშვეობით მოსწავლეების ჩართულობა საგაკვეთილო პროცესში მნიშვნელოვნად გაიზარდა.“ (ნ.შ.)

„ჩართულობაც იმატებს, მოტივაციაც იმატებს, რა შედეგს მიიღებენ, აინტერესებთ და ჩემი აზრით, მთლიანად პროცესი ძალიან კარგად მიდის. მომეწონა გაკვეთილის მიმდინარეობაც და შედეგიც, რაც დაგეგმილი მქონდა, მიღწეული იყო. მობილური ტელეფონით ჩატარებული ექსპერიმენტით თეორიაც უკეთ გაიგეს, რამაც დიდი კმაყოფილება გამოიწვია მოსწავლეებში. თუ აქამდე თვლიდნენ, რომ ბევრი რამე უბრალოდ უნდა დაეზეპირებინათ, აპლიკაციების დახმარებით თავად მივიდნენ ჭეშმარიტ შედეგებამდე.“ (მ.კ.)

„ძალიან კარგია მობილური აპლიკაციები ზუსტად იმ თვალსაზრისით, რომ მობილური ტელეფონები მხოლოდ გასართობად არ გამოიყენება და (მოსწავლეები) მიხვდნენ, რომ შეიძლება ამით ცოდნის გაღრმავება.“ (ი.ტ.)

„ფაქტია, ჩემთან იმუშავა აპლიკაციების ჩართულობით გაკვეთილმა კარგად. გამოვიყენებთ ამ აპლიკაციას აუცილებლად მომავალშიც იმიტომ, რომ მოსწავლეების ჩართულობა დავინახე...“ (მ.ხ.)

„მიღწეულია სასწავლო მიზანი - მოსწავლეები იყენებენ ამ აპლიკაციებს სკოლის გარეთაც, გაკვეთილების შემდეგ...“ (ნ.ყ.)

მასწავლებლების შეფასებების მიხედვით, მობილურმა აპლიკაციებმა გააუმჯობესა მოსწავლეთა ჩართულობა, გაზარდა მოტივაცია და მონაწილეობის სურვილი სხვადასხვა საგანმანათლებლო აქტივობაში.

5. **შეფასება:** ამ კატეგორიაში განვიხილავთ პედაგოგთა შეფასებას, რამდენად ეფექტურად გამოიყენებოდა მობილური აპლიკაციები საგაკვეთილო პროცესში და ასევე, ყურადღება გამახვილდება იმაზე, თუ რა გავლენა იქონია მოსწავლეების აკადემიურ წარმატებაზე. მობილური აპლიკაციების გამოყენების შეფასება მოიცავს იმის ანალიზს, თუ რამდენად კარგად პასუხობს ამ აპლიკაციების გამოყენება მრავალფეროვანი სასწავლო საჭიროებების მქონე გარემოს გამოწვევებს.

„აპლიკაციების გამოყენების საშუალებით მოსწავლეების აქტიურობა გაიზარდა, ინტერესს იჩენენ ფიზიკური ცნებების მიმართ, და შესაბამისად, ეს მათ შეფასებაზე დადებითად აისახა, დამსახურებულად მიიღეს შეფასება. მანამდე უჭირდათ დადებითი შეფასების მიღება.“ (ნ.ფ.)

„ერთმა მოსწავლემ თქვა - მობილური აპლიკაციების გამოყენების დროს გაკვეთილი რა მალე გადისო, ესეც დადებითი შეფასებაა ბავშვების მხრიდან.“ (მ.თ.)

„განსაკუთრებით მე-11 კლასში, ისეთი თემებია, რომ აპლიკაცია კარგად ერგება (Phyphox) მე-11 კლასს.“ (მ.ხ.)

„როცა სკოლებში არ გვაქვს არანაირი ლაბორატორია, მობილური აპლიკაციები და სიმულაციები (phet.colorado.ge⁴⁴) ქართულად ნათარგმნი, ძალიან საინტერესოა.“ (გ.ი.)

„მობილური აპლიკაციის გამოყენებით ხდება კლასის შეკვრა... იმიტომ, რომ ყველა ერთდროულად აკეთებს იმას, რასაც 45 წუთში ვერ ვასწრებდი... ეს ჩემთვის ძალიან კომფორტულია.“ (ნ.ჩ.)

„რა თქმა უნდა, ვეთანხმები კოლეგებს, და ის ფაქტი ნათელია, რომ როდესაც იწყება მობილური აპლიკაციის გამოყენება, უფრო აქტიურდება ყველა. მოსწავლე თავისთვის არ ზის მაგიდასთან....., ერთვება პროცესში (ი.ტ.)

„სატელეფონო აპლიკაციები ნამდვილად გამოსაყენებელია ჩემთვის, თუკი არანაირი ლაბორატორიული ხელსაწყო არა გაქვს, ტელეფონი მაინც გვაქვს, ძალიან კარგი იყო და გავაგრძელებ მუშაობას ამ მხრივ.“ (ი.ტ.)

„2 წელია მასწავლებელი ვარ, კი არ არის ეს დიდი დრო, მაგრამ ვერასდროს ვიფიქრებდი, რომ სასწავლო მიზნებით გაკვეთილზე შემდეგლო მობილური გამომეყენებინა, და მადლობა ამისათვის, რომ ნამდვილად დამაფიქრეთ ამ კუთხით.“ (გ.ი.)

6. **გამოწვევები** (ინტერნეტისა და ელექტროენერგიის პრობლემა, ენობრივი ბარიერი, სკოლის მხარდაჭერა, არასაკმარისი საგაკვეთილო საათები, ვიდეოგადაღება, მოსწავლეთა რაოდენობა, პირადი ხარჯები, რესურსების ხელმისაწვდომობა);

მასწავლებლებს ხშირად აქვთ სირთულეები ტექნიკური მხარდაჭერისა და პროფესიული გადამზადების ნაკლებობის გამო, რაც ზღუდავს მათ შესაძლებლობას, ეფექტურად გამოიყენონ ახალი ინსტრუმენტები თავიანთი სწავლების პრაქტიკაში.

⁴⁴ [PhET: უფასო ონლაინ სიმულატორები - ფიზიკაში, ქიმიაში, ბიოლოგიაში და სხვა საბუნებისმეტყველო საგნებში.](http://phet.colorado.edu)

გარდა ამისა, ხელმისაწვდომი და ბიუჯეტური სასწავლო პროგრამების და პლატფორმების ნაკლებობა მნიშვნელოვანი დაბრკოლებაა ტექნოლოგიების კლასში გამოყენებისთვის.

„ისეთ კლასში, სადაც 10-15 ბავშვია, შედარებით უფრო მარტივია და შედეგიანია მობილური აპლიკაციები, ასევე ჯგუფური მუშაობისთვისაც ძალიან კარგია, მაგრამ, ჩემი აზრით, დიდ კლასებში საკმაოდ რთული იქნება...“ (ნ.ყ.)

„ვცდილობ, რომ მოვიტანო სახლიდან ყველა რესურსი, რაც დამჭირდება... ვისურვებდი, რომ დღეს, 21-ე საუკუნეში, როდესაც ასეთი ტექნოლოგიების ხანაა, ყველა სკოლა იყოს ისეთი მოწყობილი, რომ ბავშვებსაც გაუჩნდეთ ბუნებისმეტყველებისადმი ინტერესი და მარტო ეს ცარცი და დაფა არ იყოს.“ (მ.ხ.)

„ვირტუალური ლაბორატორიებიც სანატრელი გვაქვს... რეალური ლაბორატორიების არსებობა ფანტასტიური ჟანრის ფილმებად არ უნდა მიაჩნდეთ ბავშვებს.“ (ნ.ჩ.)

„მე სოფლის სკოლაში ვარ და ცოტა ხელმოკლე კაბინეტი მაქვს. მხოლოდ ტელეფონის გამოყენებას ვახერხებ. არც პროექტორი მაქვს და არც ლეპტოპი. სკოლაში ერთი კომპიუტერი მუშაობს, ისიც დირექტორთან და ბუღალტერთან, მეტი არანაირი საშუალება არ მაქვს.“ (ი.ტ.)

„საკუთარი ლეპტოპის, საკუთარი ინტერნეტის და ტელეფონის იმედად ვარ.“ (მ.კ.)

„მე მაქვს ძველი პროექტორი, რომელიც შევაკეთებინე, კაბინეტში დავდგი ჩემი საკუთარი კომპიუტერი, შევიყვანე ინტერნეტი... პროექტორისთვის ეკრანიც ჩემი ძალებით გავაკეთე (გამოვიყენე ძველი სარეკლამო ბანერები).“ (მ.ხ.)

„მხოლოდ ერთეულებთან ვახერხებ აპლიკაციების გამოყენებას, იმიტომ, რომ ინტერნეტთან წვდომა შეზღუდულია და ასევე, ოჯახებში კომპიუტერები უმრავლესობას არ აქვს.“ (ნ.ჩ.)

„ერთი პროექტორი გვექონდა და აღმოჩნდა ახლა, რომ ნახევარს აჩვენებს და ნახევარი ნაწილი ჩაჭრილია, ვერანაირად ვერ შევაკეთეთ. ლეპტოპიც არ არის..... ძირითადად ტექნოლოგიური გაუმართაობაა, რაც ჩვენ ხელს გვიშლის.“ (მ.კ.)

„ჩემთან, მაგალითად, კლასებში დენის წყაროც კი არ არის...“ (ნ.ფ.)

„...მოსწავლეების უმეტესობა ეკონომიკურად სუსტი ოჯახებიდან არიან, არა აქვთ სახლში ინტერნეტთან წვდომა და ამდენად, მარტივი არაა აპლიკაციებთან ურთიერთობა. (ნ.ჩ.)

„ტექნოლოგიები უფრო ფართოდ უნდა იყოს გამოყენებული, და არა მხოლოდ მობილური აპლიკაციებით, არამედ ლაბორატორიებშიც. ეს დღეს, 21-ე საუკუნეში, ყველა თანამედროვე სკოლას უნდა გააჩნდეს.“ (ნ.ჩ.)

„ჩემი გადმოსახედიდან, ეს აპლიკაციები ძალიან კარგია, თუმცა გარემო გვაქვს შესაცვლელი, სადაც ამ აპლიკაციებს გამოვიყენებთ და ალბათ ეს ერთბაშად ვერც მოხერხდება.“ (მ.კ.)

განსაზღვრული გამოწვევები ხაზს უსვამს ტექნოლოგიების ინტეგრაციის სირთულეს მრავალფეროვან საგანმანათლებლო გარემოში. კლასში მოსწავლეთა განსხვავება სხვადასხვა ნიშნით აჩვენებს, როგორ შეიძლება რესურსების შეზღუდვამ გაამწვავოს უთანასწორობა განათლების მიღების ხარისხსა და ეფექტურობაში.

ენის ბარიერი, ელექტროენერგიის გათიშვა და ინტერნეტთან წვდომის პრობლემები კიდევ უფრო ართულებს ტექნოლოგიების ეფექტიან გამოყენებას.

საბოლოო ჯამში, მასწავლებლები თანხმდებიან და ადასტურებენ, რომ აუცილებლად განავითარებენ მობილური აპლიკაციების გამოყენებას სასწავლო პროცესში და მაქსიმალურად გამოიყენებენ მას, რადგან ეს არის ყველაზე ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიური საგაკვეთილო რესურსი მათთვის. მათ აღნიშნეს, რომ მოსწავლეებსაც ძალიან მოსწონთ აპლიკაციები.

რაც შეეხება ტრენინგების ეფექტურობას, მასწავლებლები აღნიშნავენ, რომ რაც უფრო ხანგრძლივია ტრენინგების მიმდინარეობა, მით უფრო მეტად ახერხებენ განვითარებას პედაგოგები პროფესიული ზრდის კუთხით. აღნიშნული ტრენინგები მიმდინარეობდა ერთი აკადემიური წლის განმავლობაში და მოიცავდა თვიდან-თვემდე განვითარების სხვადასხვა საფეხურს, როგორებიც არის ახალი ტექნოლოგიების გაცნობა, მათზე მუშაობა, სასწავლო პროცესში დანერგვა, გამოწვევების გამკლავება და რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, გამოცდილების დაგროვება და შემდგომში ერთმანეთისთვის გაზიარება. ასევე, ახალი აპლიკაციების და რესურსების მოძიება და ერთმანეთისთვის გაცნობა.

5. შედეგების ინტერპრეტაცია და დისკუსია

5.1 რაოდენობრივი კვლევის შედეგების ანალიზი

TPACK-ის (ტექნოლოგიური პედაგოგიური შინაარსობრივი ცოდნა) რაოდენობრივი ინსტრუმენტით ჩატარებული კვლევის მონაცემები ასახავს, თუ როგორ აფასებენ საქართველოს ფიზიკის მასწავლებლები საკუთარ ტექნოლოგიურ უნარებს. აღნიშნული რაოდენობრივი ანალიზი არა მხოლოდ მასწავლებლების ტექნოლოგიური კომპეტენციის ამჟამინდელ მდგომარეობას წარმოაჩენს, არამედ საშუალებას იძლევა, შეფასდეს ფიზიკის განათლებაში ტექნოლოგიის ინტეგრირების პროცესი.

რაოდენობრივი კვლევის შედეგების მიხედვით, საქართველოს ფიზიკის მასწავლებლები უფრო თავდაჯერებულნი არიან ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნის (TPK) გამოყენებაში, რაც მიუთითებს მათ მიერ ტექნოლოგიის პედაგოგიურ სტრატეგიებთან ეფექტურად ინტეგრირების პროცესზე. შედარებით დაბალი თავდაჯერებულობა დაფიქსირდა ტექნოლოგიური საგნობრივი ცოდნის (TCK) მიმართულებით, რაც მიუთითებს მათ გაურკვევლობაზე, თუ როგორ გამოიყენონ ციფრული ინსტრუმენტები ან რესურსები, რათა გააღრმავონ მოსწავლეებში კონკრეტული თემების გაგება. აღნიშნული დაბალი თავდაჯერებულობა შესაძლოა გამოწვეული იყოს ტექნოლოგიის საგნობრივ სწავლებაში ინტეგრირების შეზღუდული გამოცდილებით, ან ტრენინგების ნაკლებობით.

TPACK-ის შეფასების ინსტრუმენტების სანდოობის დადგენა მნიშვნელოვანი ფოკუსია ლიტერატურაში. სხვადასხვა კვლევებმა, როგორიცაა ლიი და ტსაი (Lee & Tsai, 2010), პამუკ და სანგ (Pamuk & Sang, 2015, 2016), არჩამბაულტი და ბარნეტი (Archambault & Barnett, 2010), გამოავლინა სხვადასხვა რაოდენობის კონსტრუქტები. ჩვენი ფაქტორული ანალიზის შედეგების მიხედვით, ცვლადები დაჯგუფდა ოთხ კონსტრუქტად, ხოლო ტექნოლოგიური პედაგოგიური შინაარსობრივი ცოდნა (TPCK)

და ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნა (TPK) გაერთიანდა ერთ კონსტრუქტში. ეს მიუთითებს, რომ კვლევაში მონაწილე მასწავლებლები ამ კონცეფციებს აღიქვამენ კონცეპტუალურად იდენტურად.

ტექნოლოგიური ცოდნის (TK) კონსტრუქტის გაყოფასთან დაკავშირებით, ანალიზმა გამოავლინა საინტერესო შედეგები. მარტივი ტექნოლოგიური უნარები, როგორებიცაა ვებგვერდიდან სურათის კომპიუტერში შენახვა, შესაბამისი ინფორმაციის მოძიება ინტერნეტში, ელფოსტის გაგზავნა დანართით და პრეზენტაციების ან ტექსტისა და სურათების დოკუმენტების შექმნა, მასწავლებლებისთვის შედარებით მარტივი აღმოჩნდა. აღნიშნული უნარები წარმოადგენს ტექნოლოგიური კომპეტენციების საბაზისო დონეს, რომელსაც მასწავლებლები რეგულარულად იყენებენ სასწავლო პრაქტიკაში. თუმცა, უფრო რთული დავალებები, როგორებიცაა ახალი პროგრამული უზრუნველყოფის დამოუკიდებლად ინსტალაცია, ციფრული ფოტოებისა და ვიდეოკლიპების ჩაწერა და რედაქტირება, ვებტექნოლოგიების ეფექტურად გამოყენება და საკუთარი ვებგვერდის შექმნა, უფრო რთული აღმოჩნდა მასწავლებლებისთვის. აღნიშნული განსხვავება გვამღევს საშუალებას, კლასიფიცირდეს ტექნოლოგიური კომპეტენცია (TK) ორ კატეგორიად: მარტივი (sTK) და რთული (cTK) ტექნოლოგიური კომპეტენციები. აღნიშნული შედეგები, რომლებიც მიღებულია საქართველოს კონტექსტში, განსხვავდება სხვა ქვეყნების შედეგებისგან (Graham, 2009).

კვლევაში მონაწილე მასწავლებლებთან ფოკუსჯგუფის ინტერვიუების ანალიზის საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ რაოდენობრივი კვლევის შედეგები თანხვედრაშია არსებულ სიტუაციასთან. მიღებული შედეგები არა მხოლოდ უზრუნველყოფს სიცხადეს ფიზიკის მასწავლებლების ტექნოლოგიური ცოდნისა და უნარების შესახებ, არამედ იდენტიფიცირებას ახდენს, რაში საჭიროებს პედაგოგი დამატებით პროფესიულ განვითარებას.

მარტივი და რთული ტექნოლოგიური კომპეტენციების იდენტიფიცირება TK კონსტრუქტში, ხაზს უსვამს მიზნობრივი ტრენინგისა და რესურსების საჭიროებას, რაც ხელს შეუწყობს ძირითადი კომპეტენციების და უფრო რთული, ტექნოლოგიური ცოდნისა და უნარების ხარვეზის აღმოფხვრას. მასწავლებლებისთვის საჭირო ინსტრუმენტებისა და ცოდნის მიწოდებით, რაც აუცილებელია რთული ტექნოლოგიური დავალებების შესასრულებლად, საგანმანათლებლო დაწესებულებები შეძლებენ, გააუმჯობესონ ტექნოლოგიის ინტეგრირების საერთო ეფექტურობა. გარდა ამისა, აღნიშნული უნარების დონეების გაგება საშუალებას იძლევა, პროფესიული განვითარების პროგრამები უფრო მორგებული იყოს მასწავლებლების კონკრეტულ საჭიროებებსა და გამოწვევებზე, რაც საბოლოოდ ხელს შეუწყობს მოსწავლეების სასწავლო შედეგების გაუმჯობესებას.

სწორედ რაოდენობრივი შედეგების ანალიზის საფუძველზე დაიგეგმა ნაშრომში განხილული გრძელვადიანი, მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების მოდელის დიზაინი და მისი შემდგომი განვითარება.

5.2 თვისებრივი კვლევის შედეგების ანალიზი

ჩატარებული კვლევების შედეგები ცხადყოფს, რომ გრძელვადიანი სასწავლო პროგრამა მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს მასწავლებლების ტექნოლოგიურ უნარებს. სტრუქტურირებული სასწავლო სესიების, პრაქტიკული აქტივობების, ტექნოლოგიის გამოყენებით თანამშრომლობითი პროექტებისა და უწყვეტი უკუკავშირის მეშვეობით, მასწავლებლები უფრო თავდაჯერებულნი და კომპეტენტურნი გახდნენ ტექნოლოგიების დანერგვის მიმართულებით, კერძოდ, კი მობილური აპლიკაციების გამოყენებაში, რაც თავის მხრივ, მასწავლებელთა შეფასებით, ხელს უწყობს მოსწავლეების მოტივაციის ამაღლებას, მათ ჩართულობას და ზოგადად, სწავლის პროცესის გაუმჯობესებას. აღნიშნული შედეგები თანხვედრაშია წინა კვლევებთან,

რომლებიც მიუთითებს, რომ პროფესიული განვითარების ხანგრძლივი პროგრამები კრიტიკულად მნიშვნელოვანია განათლებაში ტექნოლოგიის ეფექტური ინტეგრირებისთვის (Darling-Hammond, Hyler, & Gardner, 2017).

5.2.1 ცალკეული კატეგორიების შესაბამისობა თეორიულ მოდელთან

1. **ტექნოლოგიების გამოყენება (ზოგადად):** ეს კატეგორია პირდაპირ კავშირშია მასწავლებლების ტექნოლოგიური ცოდნის (TK) კონსტრუქტთან TPACK-ის ჩარჩოს მიხედვით. ტექნოლოგიური ცოდნის ფლობა მასწავლებლებს საშუალებას აძლევს, სხვადასხვა ტექნოლოგია გამოიყენონ როგორც სასწავლო პროცესში, ისე კლასის გარეთაც, არაფორმალური განათლების პირობებში, ასევე თავიანთი პროფესიული განვითარების მიზნით. მაგალითად, ზოგადი ცოდნა პროგრამული უზრუნველყოფის ან ისეთი მოწყობილობების შესახებ, როგორიცაა კომპიუტერი, პრეზენტაციის აწყობა და ელექტრონული რესურსების გამოყენება, არის ტრადიციული ტექნოლოგიური კომპეტენციის ნაწილი.
2. **მობილური აპლიკაციები:** ეს კატეგორია პირდაპირაა დაკავშირებული TCK და TPK კონსტრუქტთან. მობილური აპლიკაციები, მათი გამოყენება ექსპერიმენტების ჩატარებისას, სასწავლო თამაშები, ტესტირების აპლიკაციები ან გაკვეთილების დაგეგმვის ინსტრუმენტები, პედაგოგიურ ცოდნასთან კომბინირებით ქმნის ინოვაციურ სასწავლო გამოცდილებას. ეს კატეგორია აჩვენებს, თუ როგორ იყენებენ მასწავლებლები ტექნოლოგიას სასწავლო პროცესის გასაუმჯობესებლად და მოსწავლეთა ჩართულობის ასამაღლებლად.
3. **ტრენინგები და პროექტები:** ეს კატეგორია ასახავს TPACK კომპონენტების განვითარების პროცესს სრულად. „ტექნოლოგიების ინტეგრირება საგაკვეთილო პროცესში“ — ტრენინგმა გააუმჯობესა პედაგოგების TPK, TCK, PCK კომპეტენციები და ხელი შეუწყო ტექნოლოგიების ინტეგრაციას, რაც

დადებით გავლენას ახდენს სასწავლო პროცესზე, და მთლიანად, TPACK კომპეტენციის განვითარებაზე.

4. **ინტერესი და მოტივაცია:** მობილური აპლიკაციების მიმართ ინტერესი პირდაპირაა დაკავშირებული ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნის განვითარებასთან (TPK) და ამ ცოდნის განვითარება, შესაბამისად, ზრდის პედაგოგების თავდაჯერებულობას ტექნოლოგიების გამოყენების მიმართ, ეს კი პირდაპირაა დაკავშირებული მოსწავლეთა ინტერესისა და მოტივაციის ზრდასთან. როცა პედაგოგები თავდაჯერებულნი არიან, ისინი უფრო აქტიურად და შემოქმედებითად ნერგავენ ტექნოლოგიებს, რაც მათში საბოლოოდ, TPACK კომპეტენციის განვითარებას უწყობს ხელს.
5. **შეფასება:** მობილური აპლიკაციების გამოყენების შეფასება პირდაპირ უკავშირდება TPACK ჩარჩოს კომპლექსურობას. შეფასების პროცესში მასწავლებლებს შეუძლიათ, გააანალიზონ ტექნოლოგიური და პედაგოგიური კომპონენტების ეფექტურობა მათი საგაკვეთილო პროცესის გაუმჯობესებისთვის.
6. **გამოწვევები:** სირთულეები, მაგალითად, ინფრასტრუქტურის ნაკლებობა აჩვენებს TPACK-ის მოდელის პრაქტიკული დანერგვის რეალურ შეზღუდვებს. ინფრასტრუქტურული პრობლემები, როგორებიცაა ინტერნეტთან წვდომის შეზღუდვა ან ელექტროენერგიის ნაკლებობა, ხელს უშლის ტექნოლოგიური კომპონენტის გამოყენებას. ამავდროულად, სკოლის მხარდაჭერის ნაკლებობა და რესურსების ხელმისაწვდომობა უშუალოდ TPK და TCK კომპონენტების ეფექტურობას აყენებს კითხვის ნიშნის ქვეშ.

საერთო ჯამში, ექვსი მიღებული კატეგორიიდან ხუთი შესაბამისობაში მოდის TPACK-ის კომპონენტებთან და აჩვენებს მასწავლებელთა პროფესიულ ცოდნას ტექნოლოგიების დანერგვის მიმართულებით. მიღებული შედეგები

არგუმენტირებულად ეყრდნობა თეორიულ მოდელს, რომლის გამოყენებითაც შესაძლებელია მიმდინარე კვლევის მონაცემების ინტერპრეტაცია. კვლევაში გამოყოფილი კატეგორიები ასახავს ტექნოლოგიური, პედაგოგიური და საგნობრივი ცოდნის ინტეგრირების პრინციპებს. ეს კი აძლიერებს შედეგების სანდოობას და მის გამოყენებას რელევანტურს ხდის როგორც სამეცნიერო, ასევე პრაქტიკულ დონეზე. რაც შეეხება მეექვსე კატეგორიას - გამოწვევებს, ეს კატეგორია გარკვეულწილად შესაბამისობაში არაა თეორიულ მოდელთან, თუმცა პედაგოგთა მიერ დასახელებული სირთულეები პირდაპირ ეხმიანება TPACK მოდელის წარმატებულ დანერგვას.

5.2.2 თანამშრომლობითი სწავლების მნიშვნელობა სასწავლო პროცესში

ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევის შედეგები ხაზს უსვამს გრძელვადიანი, თანამშრომლობაზე დაფუძნებული პროფესიული პროგრამების მნიშვნელობას სასწავლო პროცესში ტექნოლოგიების წარმატებით დანერგვისთვის. მასწავლებლების მიერ გაზიარებული რეფლექსიები აჩვენებს, რომ კარგად სტრუქტურირებული სასწავლო სესიები ხელს უწყობს მათ პროფესიულ ზრდას. მოკლევადიანი სასწავლო პროგრამები ხშირად ვერ უზრუნველყოფს მდგრად შედეგებს რესურსების შეზღუდვის გამო. მასწავლებლების კმაყოფილება სასწავლო სესიებით ხაზს უსვამს უწყვეტი პროფესიული განვითარების შესაძლებლობების მნიშვნელობას, დროში სწორად დაგეგმილი და ტექნიკური რესურსებით უზრუნველყოფილი სასწავლო პროგრამების შეთავაზებას (Garet et al., 2001).

მიმდინარე ნაშრომის ფარგლებში შემუშავებულმა ტრენინგებმა მასწავლებლების პროფესიულ განვითარებაზე პოზიტიური გავლენა მოახდინა. პოსტინტერვიუს დროს პედაგოგებმა აღნიშნეს, რომ ტრენინგებმა ხელი შეუწყო მათი ტექნოლოგიური

კომპეტენციების განვითარებას, გაამდიდრა სასწავლო მიდგომები და დაეხმარა კოლეგებთან თანამშრომლობაში. ზოგიერთი მასწავლებლისთვის ეს ტრენინგები მნიშვნელოვანი გარდატეხის მომტანი აღმოჩნდა, რაც მათი პრაქტიკის მრავალფეროვნებასა და ინოვაციებზე აისახა. ტრენინგებმა მათთვის შექმნა ახალ რესურსებთან წვდომის შესაძლებლობა და გააღრმავა მათი ცოდნა თანამედროვე მეთოდოლოგიაში. კვლევები ადასტურებს, რომ სწორად დაგეგმილი პროფესიული განვითარების (PD) პროგრამები დადებითად მოქმედებს მასწავლებლების TPACK-ის განვითარებაზე (Guzey & Roehrig, 2009; Graham et al., 2009; Varma, Husic & Linn, 2008) და ხელს უწყობს ტექნოლოგიის წარმატებულ ინტეგრირებას სასწავლო პრაქტიკაში (Niess, 2005; Harris & Hofer, 2011; Mishra & Koehler, 2009). ტექნოლოგიების დანერგვასთან დაკავშირებული გამოწვევები, განსაკუთრებით რესურსებით შეზღუდულ რეგიონებში, მიუთითებს მასწავლებლების პროფესიული განვითარების ტრენინგში ახალი მიდგომების საჭიროებაზე. ერთ-ერთი ინოვაციური ნაბიჯია მობილური ტექნოლოგიის, განსაკუთრებით სმარტფონების ინტეგრირება (González et al., 2015; Carroll & Lincoln, 2020; Kuhn & Vogt, 2022) სასწავლო პროცესში, რომელიც ფართოდ ხელმისაწვდომია მასწავლებლებისა და მოსწავლეებისთვის. ფიზიკის მასწავლებლებისთვის წარდგენილი აპლიკაციები განხილული კვლევის ფარგლებში წარმოადგენს ამ მიდგომის მაგალითს, რომელიც მოიცავს ორ შერჩეულ მობილურ აპლიკაციას ფიზიკის განათლების მხარდასაჭერად და გასაუმჯობესებლად.

ტრენინგების ეფექტიანობის თვალსაზრისით, რესპონდენტებმა აღნიშნეს, რომ გრძელვადიანმა ტრენინგებმა მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა მასწავლებლების პროფესიულ განვითარებაში. ეს ტრენინგები ტარდებოდა მთელი სასწავლო წლის განმავლობაში და მოიცავდა განვითარების სხვადასხვა ეტაპს, რომლებიც რეგულარულად ხორციელდებოდა მათი მიმდინარეობისას.

ეს ეტაპებია:

- ახალი ტექნოლოგიების გაცნობა,
- ტექნოლოგიების პრაქტიკული გამოყენება,
- ტექნოლოგიების საგანმანათლებლო პროცესში დანერგვა,
- გამოწვევების გადალახვა ტექნოლოგიების დანერგვისას,
- გამოცდილების დაგროვება და შემდგომ გაზიარება.

ასევე, ამ პროცესის ნაწილი იყო ახალი აპლიკაციების მოძიება, მათი ადაპტირება და დანერგვა სასწავლო პროცესში.

5.2.3 პროფესიული საზოგადოების ჩამოყალიბება

სასწავლო პროგრამის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შედეგია მასწავლებლებს შორის ძლიერი პროფესიული საზოგადოების ჩამოყალიბება. სასწავლო პროცესის თანამშრომლობითი ხასიათი ხელს უწყობს უწყვეტი გაუმჯობესებისა და ურთიერთდახმარების კულტურის განვითარებას. მასწავლებლები სწავლობდნენ არა მხოლოდ სასწავლო სესიებიდან, არამედ ერთმანეთისგანაც, გამოცდილებისა და საუკეთესო პრაქტიკის გაზიარებით. პროფესიული საზოგადოების არსებობა აუცილებელია პროფესიული განვითარების შედეგად მიღწეული წარმატებების შენარჩუნებისა და სწავლების პრაქტიკაში ინოვაციების ხელშეწყობისთვის (Lieberman & Mace, 2010). თანამშრომლობითი სწავლება მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს პედაგოგიურ პრაქტიკას, რაც ხელს უწყობს პროფესიულ ზრდას, ეს კი სასწავლო სესიების ერთ-ერთი მთავარი მიზანი იყო (Raveh et al., 2025).

ტრენინგები ტარდებოდა თანამშრომლობით გარემოში, სადაც წინასწარ განსაზღვრული სამუშაო გეგმა იყო გაწერილი. თანამშრომლობითი სწავლება კი ხელს უწყობს ცოდნის უკეთ აღქმას და გააზრებას, რადგან მონაწილეები აქტიურად მონაწილეობენ დისკუსიებში და ერთმანეთს უზიარებენ იდეებს. ეს მეთოდი ასევე აძლიერებს კომუნიკაციისა და სოციალური უნარების განვითარებას, რაც მნიშვნელოვანია როგორც აკადემიურ, ასევე პროფესიულ გარემოში. (Fütterer et al., 2019).

ტრენინგების განმავლობაში მონაწილეები ერთმანეთთან თანამშრომლობით ეტაპობრივად ავითარებდნენ ყველა საჭირო რესურსს, რაც უზრუნველყოფდა საგანმანათლებლო პროცესის შეუფერხებლად განხორციელებას, მათ შორის ექსპერიმენტებისთვის საჭირო ინსტრუმენტების მიწოდებას.

ტრენინგზე მიღებული ცოდნა მხოლოდ საკლასო სივრცეში არ გამოიყენებოდა, პედაგოგებმა მონაწილეობა მიიღეს სხვადასხვა სამეცნიერო ღონისძიებაში, სადაც შედეგები გუნდურად წარადგინეს. მსგავსი აქტივობაც ამ კვლევის ერთ-ერთი შედეგია, როდესაც თანამშრომლობითმა სწავლებამ დადებითი გავლენა მოახდინა პედაგოგების პროფესიულ განვითარებაზე.

5.2.4 მობილური აპლიკაციების როლი საგაკვეთილო პროცესში

ნაშრომის მნიშვნელოვანი შედეგია საქართველოსთვის ახალი, ინოვაციური სასწავლო მიდგომის განვითარება და რესურსების შექმნა ტექნოლოგიების წარმატებული დანერგვისთვის ფიზიკის სწავლებისას. მობილური აპლიკაციების ინტეგრირება ფიზიკის გაკვეთილებში ხელს უწყობს უფრო საინტერესო და ეფექტური სასწავლო გამოცდილების შექმნას მოსწავლეებისთვის. მასწავლებლებმა აღნიშნეს, რომ მობილური აპლიკაციების გამოყენებამ მათი გაკვეთილები ინტერაქტიური გახადა და

მოსწავლეებს დაეხმარა რთული ფიზიკური კონცეფციების უკეთ გაგება-გააზრებაში. ეს თანხვედრაშია TPACK-ის ჩარჩოს პრინციპებთან, რომელიც ხაზს უსვამს ტექნოლოგიური, პედაგოგიური და შინაარსობრივი ცოდნის ინტეგრირების მნიშვნელობას სწავლების ეფექტურობის გასაუმჯობესებლად (Mishra & Koehler, 2005). პროფესიული განვითარების სასწავლო პროგრამების ეფექტურობა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მასწავლებლების უნარს, ახალი ცოდნისა და უნარების ინტეგრირებას სასწავლო პრაქტიკაში (Desimone, 2009).

მობილური აპლიკაციებისა და ტექნოლოგიების გამოყენება კლასში აჩვენებს მათ მნიშვნელოვან გავლენას მოსწავლეთა ჩართულობისა და აკადემიური წარმატების გაუმჯობესებაზე. მასწავლებლები აღნიშნავენ, რომ მოსწავლეები, რომლებიც ადრე ნაკლებად აქტიურები იყვნენ, უფრო მეტად ჩაერთნენ და ენთუზიაზმით შეხვდნენ მობილური აპლიკაციების გამოყენებას. ეს თანხვედრაშია ფართომასშტაბიან კვლევებთან, რომლებიც მიუთითებს, რომ ტექნოლოგია ხელს უწყობს მოსწავლეთა მოტივაციის ამაღლებას და აქტიურ ჩართულობას საგაკვეთილო პროცესში (D'Angelo, 2018; Smith, 2022). მობილური აპლიკაციების გამოყენება კლასში წარმოადგენს მაგალითს, თუ როგორ შეიძლება პროგრამაში ეფექტურად ინტეგრირებულმა ტექნოლოგიამ გააუმჯობესოს სასწავლო გამოცდილება (Ahmad Bhat, 2021).

მასწავლებლების მიერ წარმოდგენილი მოსაზრებები ნათლად ასახავს, თუ როგორ აქტიურად იყენებენ ისინი მობილურ აპლიკაციებს საგაკვეთილო პროცესში. მათი გამოცდილება აჩვენებს, რომ აპლიკაციებმა გაკვეთილები უფრო საინტერესო და წარმატებული გახადა, რაც მოსწავლეთა ჩართულობას მნიშვნელოვნად გაზრდის. ტექნოლოგიების გამოყენება მათი ყოველდღიურობის ნაწილი გახდა, რაც ნიშნავს, რომ მათი პროფესიული თავდაჯერებულობა გაიზარდა. ისინი აპლიკაციებს იყენებენ გაკვეთილის სხვადასხვა ფაზაში – დაწყებული ტესტირებით და დავალებების შესრულებით, დასრულებული სიმულაციებითა და ექსპერიმენტებით. მასწავლებლები ხშირად იკვლევენ ახალ რესურსებს და, ზოგ შემთხვევაში,

მოსწავლეებისგანაც სწავლობენ მათ გამოყენებას, რაც სწავლების პროცესს დინამიკურს და კოლაბორაციულს ხდის.

მასწავლებლები აღნიშნავენ, რომ მობილური აპლიკაციების გამოყენებამ მოსწავლეების დამოკიდებულება გაკვეთილის მიმართ პოზიტიურად შეცვალა. სასწავლო პროცესი გახდა ხალისიანი, რაც განსაკუთრებით მისასალმებელია. მოსწავლეები უფრო მეტად ინტერესდებიან ფიზიკით, ხშირად იყენებენ აპლიკაციებს სახლში, ითხოვენ შედეგების ახსნას და არ აცდენენ გაკვეთილებს.

5.2.5 გამოწვევები

კვლევის მიმდინარეობისას გამოვლინდა რამდენიმე გამოწვევა. მათი ძირითადი ნაწილი ინტერნეტთან დაკავშირებულ სირთულეებსა და საგაკვეთილო დროის ნაკლებობას უკავშირდება. მასწავლებლები აწყდებიან პრობლემებს, რომლებიც დაკავშირებულია რესურსების ხელმისაწვდომობასთან, ინფრასტრუქტურასთან და სკოლის ადმინისტრაციის/ოფიციალური სტრუქტურების ხელშეწყობასთან. ამ მიზნით მნიშვნელოვანია მხარდაჭერის სისტემებისა და თანამშრომლობითი პლატფორმების შექმნა, სადაც პედაგოგები შეძლებენ საუკეთესო პრაქტიკისა და რესურსების გაზიარებას. მასწავლებლების მიერ პირადი ხარჯების გაწევა სკოლების არასაკმარისი რესურსების კომპენსაციისთვის მიუთითებს ინსტიტუციური მხარდაჭერისა და დაფინანსების გაზრდის საჭიროებაზე. საუკეთესო პრაქტიკის გაზიარების ხელშეწყობა და თანამშრომლობითი გარემოს შექმნა ხელს შეუწყობს მასწავლებლებს ამ გამოწვევების გადალახვაში. სმარტფონების, როგორც, ყველასთვის ხელმისაწვდომი რესურსის გამოყენებით, საქართველოს სკოლებს შეუძლიათ დანერგონ აღნიშნული მიდგომა, რათა ინტერაქტიური და საინტერესო სასწავლო გამოცდილებით ეფექტურად აღმოფხვრან რესურსების წვდომასთან დაკავშირებული ხარვეზები (Shen et al., 2024).

რესურსების ხელმისაწვდომობის მნიშვნელოვანი დეფიციტი, განსაკუთრებით სოფლის სკოლებში, მიუთითებს სისტემურ პრობლემებზე, რომლებიც საჭიროებს გადაჭრას, რათა უზრუნველყოფილი იყოს თანაბარი წვდომა საგანმანათლებლო ტექნოლოგიებზე. ეს მოიცავს ინფრასტრუქტურაში ინვესტიციას და სკოლებისთვის შესაბამისი ხარისხის ინტერნეტის, ასევე საჭირო ტექნიკის, როგორცაა პროექტორები და კომპიუტერები, უზრუნველყოფას (Kumari & Nigam, 2020). სკოლებში, სადაც არ არის საბუნებისმეტყველო ლაბორატორიები, მობილური აპლიკაციები და სიმულაციები წარმოადგენს მნიშვნელოვან ალტერნატივას პრაქტიკული სასწავლო გამოცდილებისთვის (Smith, 2022). ვირტუალური ლაბორატორიების გამოყენებასთან ერთად (მიუხედავად მისი სარგებლიანობისა), მნიშვნელოვანია საბუნებისმეტყველო ლაბორატორიების არსებობა სკოლებში, რათა მოსწავლემ შეიძინოს პრაქტიკული გამოცდილება, რომელსაც ვირტუალური სიმულაციები სრულად ვერ ანაცვლებს (Franklin & Bolick, 2007).

ტექნოლოგიების უფრო ფართოდ დანერგვისთვის მასწავლებლები აღნიშნავენ, რომ უნდა მოწესრიგდეს სკოლებში ინფრასტრუქტურა, მოხდეს მასწავლებლების პროფესიული გადამზადება და გაიზარდოს საზოგადოების ჩართულობა. სახელმძღვანელოებში ტექნოლოგიური რესურსების ჩართვა, მათთვის ინსტრუქციებისა და ბმულების დამატება ქართულ ენაზე, ასევე ერთ-ერთ ძირითად მოთხოვნად მიიჩნევა. ყველა აღნიშნული ნაბიჯი ხელს შეუწყობს ტექნოლოგიების სასწავლო პროცესში ეფექტურ გამოყენებას, რაც საბოლოოდ გააძლიერებს როგორც სწავლების ხარისხს, ასევე გაზრდის მოსწავლეთა ინტერესს ფიზიკის მიმართ.

მნიშვნელოვანი ცვლილებებია აგრეთვე საჭირო საუნივერსიტეტო დონეზე მასწავლებლების მომზადების პროგრამებში, რათა მომავალი მასწავლებლები პროფესიული განვითარების ადრეულ ფაზაში დაეუფლნენ ტექნოლოგიებს და შეძლონ მათი წარმატებით ინტეგრირება სასწავლო პროცესში.

6. დასკვნა და რეკომენდაციები

მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების მოდულის დიზაინი, რომელიც დაფუძნებულია ჩვენი კვლევის შედეგად მიღებულ მიგნებებზე და მოიცავს თანამედროვე ტექნოლოგიების ინტეგრაციას სასწავლო პროცესში, წარმოადგენს მნიშვნელოვან ნაბიჯს მათი პროფესიული კომპეტენციების გაღრმავების, საგნობრივი და პედაგოგიური უნარების განვითარებისა და ციფრულ ეპოქასთან შესაბამისობის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით. აღნიშნული მოდული არა მხოლოდ პასუხობს პრაქტიკაში არსებულ საჭიროებებს, არამედ ქმნის საფუძველს მასწავლებელთა უწყვეტი პროფესიული განვითარებისათვის და ინოვაციური მეთოდების ეფექტურად დანერგვისთვის.

ნაშრომში ფიზიკის სწავლებისას მასწავლებელთა ტექნოლოგიური კომპეტენციების განვითარება და თანამშრომლობითი სტრატეგიების ინტეგრირება პროფესიული გადამზადების პროგრამებში წარმოდგენილია, როგორც თანამედროვე პედაგოგიური პრაქტიკის გასაძლიერებლად ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური გზა. აღნიშნული მიდგომა აძლიერებს მოსწავლეთა ინტერესსა და ჩართულობას, შესაბამისად - სასწავლო პროცესის ხარისხს (Bhat, 2023).

ტრენინგების პოზიტიური გავლენა მასწავლებელთა ტექნოლოგიური კომპეტენციების განვითარებაზე: კვლევის ფარგლებში შემუშავებულმა ტრენინგებმა მნიშვნელოვანი ზეგავლენა მოახდინა მასწავლებლების პროფესიულ განვითარებაზე. მათ შეიძინეს ახალი ტექნოლოგიური უნარები, გაიღრმავეს ცოდნა და გაიზარდა მათი პროფესიული თავდაჯერებულობა. მასწავლებლებისთვის ტრენინგები გარდამტეხ მომენტად იქცა, რაც მათი პრაქტიკის მრავალფეროვნებასა და ინოვაციებზე აისახა. ტრენინგებმა ხელი შეუწყო არა მხოლოდ მასწავლებლების ტექნოლოგიური კომპეტენციების გაუმჯობესებას, არამედ მათი თანამშრომლობის განვითარებას კოლეგებთან. ტექნოლოგიების გამოყენებამ მასწავლებლებს მისცა შესაძლებლობა, გაემდიდრებინათ საკუთარი პრაქტიკა, გამოეყენებინათ ახალი რესურსები და

ესწავლათ როგორც კოლეგებისგან, ისე თავად მოსწავლეებისგან. აღნიშნული თანამშრომლობითი მიდგომა მნიშვნელოვან დადებით ეფექტს ქმნის განათლების დინამიკურობაში.

მობილური აპლიკაციების ინტეგრაციის გავლენა სასწავლო პროცესზე: მასწავლებლების გამოცდილება ნათლად აჩვენებს, რომ მობილური აპლიკაციების გამოყენება საგაკვეთილო პროცესში ინოვაციური მიდგომის ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტია. აპლიკაციებმა გაკვეთილები უფრო ხალისიანი და დინამიკური გახადა. მობილური აპლიკაციების გამოყენებით გაკვეთილის სხვადასხვა ფაზაში — დაწყებული ტესტირებითა და დავალებებით, დასრულებული სიმულაციებითა და ექსპერიმენტებით — სწავლების პროცესი გახდა უფრო ინტერაქტიური და მეტად მოტივაციურიც. მოსწავლეების აქტიური მონაწილეობა და მათი ინტერესი განსაკუთრებით თვალსაჩინოა გაკვეთილებზე დასწრებისა და მათი აკადემიური მიღწევების ზრდით.

მნიშვნელოვანი გამოწვევები და მათი გადაჭრის გზები: მიუხედავად მიღწეული წარმატებებისა, კვლევამ აჩვენა გარკვეული გამოწვევები. სასკოლო ინფრასტრუქტურის არასაკმარისი განვითარება და ინტერნეტის პრობლემა (მიწოდება, ხარისხი) მთავარ ბარიერს წარმოადგენს, რაც მნიშვნელოვნად აფერხებს ტექნოლოგიის სრულყოფილად გამოყენებას სასწავლო პროცესში. გარდა ამისა, ფიზიკის სწავლებისთვის განკუთვნილი დრო (საათობრივი ბადე) სასწავლო გეგმის მიხედვით მნიშვნელოვანი გამოწვევაა პედაგოგებისთვის. ასევე, ძალიან მნიშვნელოვანია სასკოლო სახელმძღვანელოებში ტექნოლოგიური რესურსების ინტეგრირება ქართულ ენაზე, რათა სასწავლო პროცესში ტექნოლოგიების გამოყენება უფრო მოქნილი და ხელმისაწვდომი გახდეს.

რეკომენდაციები:

- ❖ შეიქმნას მასწავლებელთა გრძელვადიანი პროფესიული განვითარების სქემები, რომლებიც უზრუნველყოფს ტექნოლოგიური უნარების გაძლიერებას (მობილური აპლიკაციების დანერგვით) სისტემური და რეგულარული ტრენინგების მეშვეობით.
- ❖ მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების პროგრამებში შესაბამისი ცვლილებების განხორციელება: გრძელვადიანი, თანამშრომლობასა და უკუკავშირზე დაფუძნებული პროფესიული ტრენინგების საშუალებით მასწავლებელთა რეგულარული გადამზადება სასწავლო პროცესში ტექნოლოგიების დანერგვის მიმართულებით.
- ❖ სასწავლო ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურის განვითარება: სკოლებში არსებული რესურსების გამოყენებით ტექნოლოგიური პირობების გაუმჯობესების პრიორიტეტიზაცია.

კვლევამ აჩვენა, რომ აგრეთვე მნიშვნელოვანია:

- ❖ ფიზიკის სასწავლო სახელმძღვანელოების განახლება: ტექნოლოგიური რესურსების, მათ შორის მობილური აპლიკაციების ინტეგრირება და ქართულენოვანი ბმულების დამატება.
- ❖ საუნივერსიტეტო დონეზე ცვლილებები: მომავალი მასწავლებლებისთვის პროგრამებში მობილური აპლიკაციების სწავლებისა და TPACK ჩარჩოს ინტეგრირება.

ზემოთ ჩამოთვლილი რეკომენდაციების გარდა, ცვლილებების განხორციელება შესაძლებელია სამი ძირითადი მიმართულებით:

1. სახელმწიფოს დონეზე

- **პოლიტიკის დონეზე მხარდაჭერა:** უზრუნველყოს ტექნოლოგიების ინტეგრაციის მხარდამჭერი სტრატეგიები ეროვნულ საგანმანათლებლო პოლიტიკაში.
- **დაფინანსების მექანიზმები:** უზრუნველყოს გრძელვადიანი ფინანსური რესურსები მასწავლებელთა ტრენინგებისთვის და ტექნოლოგიური ინფრასტრუქტურის განახლებაზე.
- **პარტნიორობა უნივერსიტეტებთან:** სახელმწიფომ უნდა წაახალისოს უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებები, რათა განაახლონ სასწავლო პროგრამები TPACK ჩარჩოსა და მობილური ტექნოლოგიების სწავლების მიმართულებით.

3. სკოლის დონეზე

- **ქსელური კოლაბორაცია:** სასწავლო დაწესებულებებს შორის თანამშრომლობა — გაზიარებული რესურსები, საუკეთესო პრაქტიკები, ტრენინგების გაცვლა.
- **ლიდერობა და ხედვა:** სკოლის ადმინისტრაცია უნდა იყოს ტექნოლოგიური ცვლილებების ლიდერი, რომ შეიმუშაონ ხედვა და მხარი დაუჭირონ ინოვაციებს.
- **მოსწავლეთა მონაწილეობა:** სკოლის დონეზე შესაძლებელია მოსწავლეების ჩართვა ტექნოლოგიური რესურსების შეფასებასა და შექმნაში.

4. მასწავლებლის დონეზე

- **გრძელვადიანი პროფესიული განვითარება:** სწავლება პროფესიული ტრენინგების საშუალებით, რომლებიც ორიენტირებულია პრაქტიკულ გამოყენებაზე და უკუკავშირის სისტემატურობას ითვალისწინებს.
- **ციფრული ცოდნის გაზრდა:** მასწავლებლებმა უნდა აითვისონ მობილური აპლიკაციები და ციფრული რესურსები.
- **ინოვაციური პედაგოგიური მიდგომები:** TPACK ჩარჩოს ინტეგრაცია საშუალებას აძლევს მასწავლებლებს, სწავლებაში გაითვალისწინონ კონტენტი, პედაგოგიკა და ტექნოლოგია ერთობლივად.

- **პიროვნული მოტივაცია:** მნიშვნელოვანია, რომ მასწავლებლებმა დაინახონ თავიანთი პროფესიული როლის მნიშვნელობა ციფრულ ეპოქაში და განაგრძონ თვითგანვითარება.

სამომავლო კვლევის პერსპექტივები TPACK ჩარჩოსა და ტექნოლოგიური პედაგოგიური სტრატეგიების გაძლიერების მიმართულებით შესაძლოა მოიცავდეს შემდეგ ასპექტებს:

- მოსწავლეთა აკადემიური მიღწევების შესწავლა - როგორ აისახება TPACK ჩარჩოსა და თანამშრომლობითი სწავლის სტრატეგიების ინტეგრირება მასწავლებელთა მომზადების პროგრამებში მოსწავლეთა აკადემიურ მიღწევებზე, მათი კრიტიკული აზროვნებისა და ტექნოლოგიური უნარების განვითარებაზე.
- მოსწავლეთა მოტივაციის შესწავლა - როგორ ცვლის ტექნოლოგიების გამოყენება მოსწავლეთა ჩართულობისა და მოტივაციის დონეს, განსაკუთრებით ფიზიკისა და სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სწავლებისას.
- თვისებრივი კვლევა, რომელიც შეისწავლის, როგორ ცვლის ტექნოლოგიური უნარების განვითარებაზე ორიენტირებული გრძელვადიანი, თანამშრომლობაზე დაფუძნებული პროფესიული ტრენინგები მასწავლებლების პროფესიულ თვითშეფასებას და თავდაჯერებულობას.

TPACK მოდელისა და თანამშრომლობითი სწავლის სტრატეგიების სინერგია აძლიერებს სწავლების ხარისხს და პასუხობს განათლების თანამედროვე საჭიროებებს. აღნიშნული სტრატეგიები ხელს უწყობს ფიზიკის სწავლების პროცესის გაუმჯობესებას - გახდეს უფრო ინტერაქტიური და მოსწავლეების საჭიროებებზე ორიენტირებული, რაც ამავე დროს მასწავლებლების პროფესიულ განვითარებაზე პოზიტიურ გავლენას ახდენს. ტექნოლოგიების უფრო ფართოდ დანერგვისთვის

აუცილებელია როგორც ინფრასტრუქტურული, ასევე პროგრამული ცვლილებები, რაც განათლების ხარისხს გრძელვადიან პერსპექტივაში მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს.

ბიბლიოგრაფია

- Ahmad, R. Z., Anantanukulwong, R., & Faikhamta, C. (2022). Trends of teacher professional development strategies: A systematic review. *Shanlax International Journal of Education*, 10(2), 246–258. <https://doi.org/10.34293/education.v10i2.4628>
- Anderson, C. A., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: An emerging paradigm for transforming learning in science. *Yearbook of the National Society for the Study of Education*, 111(2), 41–60.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Angeli, C., & Valanides, N. (2019). The TPACK framework: A catalyst for the integration of technology in teacher education. *Education and Information Technologies*, 24(1), 39–55. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9780-5>
- Arrowood, D., Davis, R. A., Semingson, P., & Maldonado, M. (2010, March). *Supporting preservice teachers as they use technology to teach children*. In Society for Information Technology & Teacher Education International Conference (Vol. 2010), 2138–2142.
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 023108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Bao, L., & Koenig, K. (2019). Physics education research for 21st century learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(2). <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8>

- Barab, S. A., & Squire, K. D. (2004). Design-based research: An emerging paradigm for transforming science education. *Yearbook of the National Society for the Study of Education*, 103(1), 1-21.
- Baylor, A. L., & Ritchie, D. (2002). What factors facilitate teacher skill, teacher morale, and perceived student learning in technology-using classrooms? *Computers & Education*, 39(4), 395-414.
- Bećirović, S. (2023). *Challenges and barriers for effective integration of technologies into teaching and learning*. SpringerBriefs in Education, 123–133. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0444-0_10
- Bhat, R. A. (2023). *The impact of technology integration on student learning outcomes: A comparative study*. International Journal of Social Science Educational Economics Agriculture Research and Technology, 2(9), 592-596. <https://doi.org/10.54443/ijset.v2i9.218>
- Bhat, R. A. (2023). The impact of technology integration on student learning outcomes: A comparative study. *International Journal of Social Science, Educational, Economics, Agriculture Research, and Technology (IJSET)*. Retrieved from <http://www.ijset.org>
- Boeskens, L., & Nusche, D. (2021). Not enough hours in the day: Policies that shape teachers' use of time. *OECD Education Working Papers*, 245. <https://doi.org/10.1787/15990b42-en>
- Carr, N. (2010). *The shallows: What the Internet is doing to our brains*. W. W. Norton & Company.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Technology & Society*, 16(2), 31–51.

- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2016). A review of research on the TPACK framework in teacher education: A decade of development. *Educational Technology & Society*, 19(3), 1-11.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Damayanti, A. E., & Kuswanto, H. (2021). The effect of the use of indigenous knowledge-based physics comics of android-based marbles games on verbal representation and critical thinking abilities in physics teaching. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 581-593. <https://doi.org/10.3926/jotse.1142>
- D'Angelo, C. (2018). The impact of technology: Student engagement and success. *Technology and the Curriculum: Summer 2018*. University of Ontario Institute of Technology.
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). Effective Teacher Professional Development. *Learning Policy Institute*.
- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181-199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- Desimone, L. M. (2023). Rethinking teacher PD: A focus on how to improve student learning. *Professional Development in Education*, 49(1), 1-3.
- Ellermeijer, T., & Tran, T.-B. (2019). Technology in teaching physics: Benefits, challenges, and solutions. *Upgrading Physics Education to Meet the Needs of Society*, 35-67. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96163-7_3
- Ertmer, P. A. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration? *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 25-39. <https://doi.org/10.1007/BF02504683>

- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423-435. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.001>
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423-435. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.001>
- Faresta, R. A., Asrori, F. R., & Izzati, N. (2024). Utilization of technology in physics education: A literature review and implications for the future physics learning. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 12(2), 45-57.
- Fernández-Sánchez, M. R., Garrido-Arroyo, M. del C., & Porras-Masero, I. (2022). Curricular integration of digital technologies in teaching processes. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1005499>
- Fetters, M. D., & Freshwater, D. (2020). The mixed methods research guide. *International Journal of Multiple Research Approaches*, 14(2), 137-156. <https://doi.org/10.29034/ijmra.v14n2a1>
- Fox, C. (2018). The misuse of technology in the modern classroom and a guide for solutions. *California State University, San Marcos*. <https://scholarworks.calstate.edu/downloads/q237hs40f>
- Franklin, C. A., & Bolick, C. M. (2007). Technology Integration: A Review of the Literature. *ERIC*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED504169.pdf>
- Fütterer, T., Omarchevska, Y., Rosenberg, J. M., & Fischer, C. (2019). How do teachers collaborate in informal professional learning activities? An epistemic network analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 33(6), 796-810. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10122-y>

- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, 38(4), 915-945. <https://doi.org/10.3102/00028312038004915>
- Ghavifekr, S., & Rosdy, W. A. W. (2015). Teaching and learning with technology: Effectiveness of ICT integration in schools. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 1(2), 175–191. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1105224.pdf>
- Gillies, R. M. (2016). Cooperative learning: Review of research and practice. *Australian Journal of Teacher Education*, 41(3), 39-54. <https://doi.org/10.14221/ajte.2016v41n3.3>
- Graham, C. R. (2009). TPACK development in science teaching: Measuring the TPACK confidence of in-service science teachers. *Educational Technology Research and Development*, 57(4), 235-250.
- Graham, C. R., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., St. Clair, L., & Harris, R. (2010). TPACK development in science teaching: Measuring the TPACK confidence of inservice science teachers. *Instructional Science*, 38(2), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0328-0>
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393-416. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>
- Hendrickx, M. M. H. G., Thurlings, M. C. G., & Den Brok, P. (2025). Teachers' collaborative knowledge building in professional learning communities: Connecting interaction patterns to learning gains. *European Journal of Psychology of Education*, 40, Article 39. <https://doi.org/10.1007/s10212-024-00938-y>

- Hew, K. F., & Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational Technology Research and Development*, 55(3), 223-252. <https://doi.org/10.1007/s11423-006-9022-5>
- Irwanto, I. (2021). Research trends in technological pedagogical content knowledge (TPACK): A systematic literature review from 2010 to 2021. *European Journal of Educational Research*, 10(4), 2045–2054. <https://www.eu-jer.com/>
- Jang, S.-J., & Chen, K.-C. (2010). From PCK to TPACK: Developing a Transformative Model for Preservice Science Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 19(6), 553-564. doi: [10.1007/s10956-010-9222-y](https://doi.org/10.1007/s10956-010-9222-y).
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379.
- Jordan, K. (2024). Design-based research. *Perspectives in Contemporary STEM Education Research*, 245–263. University of Galway. <https://research.universityofgalway.ie/en/publications/design-based-research-5>
- Junco, R., & Cotten, S. R. (2012). No A 4 U: The relationship between multitasking and academic performance. *Computers & Education*, 59(2), 505–514. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.023>
- Kirschner, P. A., & Karpinski, A. C. (2010). Facebook® and academic performance. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1237–1245. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.03.024>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge.

- Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131-152.
<https://doi.org/10.2190/0ew7-01wb-bkhl-qdyv>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing TPACK. In AACTE Committee on Innovation and Technology (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 3–29). Routledge.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (Eds.). (2016). *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators*. Routledge.
- Kumar, S. (2021). Collaborative learning impact on academic environment: A bibliometric analysis. *SSRN*. <https://ssrn.com/abstract=3903022>
- Kumari, A., & Nigam, S. (2020). Technology Integration in Education: A Catalyst for Transforming Learning - The New Education Policy 2020 Perspective. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*.
<https://ijcrt.org/papers/IJCRT2309306.pdf>
- Kuznekoff, J. H., & Titsworth, S. (2013). The impact of mobile phone usage on student learning. *Communication Education*, 62(3), 233–252.
<https://doi.org/10.1080/03634523.2013.767917>
- Lee, H.-Y., Chung, C.-Y., & Wei, G. (2020). Research on Technological Pedagogical and Content Knowledge: A bibliometric analysis from 2011 to 2020. *Frontiers in Education*, 7, 765233.
- Lee, M. H., & Tsai, C. C. (2020). Developing a model of technology integration for teachers: An investigation into the effects of TPACK-based professional development. *Computers & Education*, 149, 103806. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103806>

- Lieberman, A., & Mace, D. H. P. (2010). Making practice public: Teacher learning in the 21st century. *Journal of Teacher Education*, 61(1-2), 77-88.
- Limniou, M. (2021). The effect of digital device usage on student academic performance: A case study. *Education Sciences*, 11(3), 121. <https://doi.org/10.3390/educsci11030121>
- Lin, T. J., & Tsai, C. C. (2021). The influence of individual characteristics and classroom practices on student learning outcomes with digital technologies. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 289–309. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09796-4>
- Loh, K. K., & Kanai, R. (2016). How has the internet reshaped human cognition? *The Neuroscientist*, 22(5), 506–520. <https://doi.org/10.1177/1073858415595005>
- Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). *Designing professional development for teachers of science and mathematics* (3rd ed.). Corwin Press.
- Marreh, S., & Velankar, Y. P. (2024). Recent trends in collaborative learning: A systematic review and analysis. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 13(4), 2473–2481. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i4.28501>
- Mishra, P. (2019). Considering contextual knowledge: The TPACK diagram gets an upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(2), 76–78. <https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Montero-Mesa, L., Fraga-Varela, F., Vila-Couñago, E., & Rodríguez-Groba, A. (2023). Digital technology and teacher professional development: Challenges and contradictions in

- compulsory education. *Education Sciences*, 13(10), Article 1029. <https://doi.org/10.3390/educsci13101029>
- Naparan, G. B., & Tulod, R. G. (2021). Time management strategies of school administrators towards effective administration: A phenomenological study. *The New Educational Review*, 63(1), 59–68. <https://doi.org/10.15804/tner.2021.63.1.05>
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education: An International Journal of Research and Studies*, 21(5), 509-523.
- Nīmante, D., Kokare, M., Baranova, S., & Surikova, S. (2025). Transferring results of professional development into practice: A scoping review. *Educational Sciences*, 15(1), Article 95. <https://doi.org/10.3390/educsci15010095>
- Olaniyan, A. O., & Uzorka, A. (2024). Impact of faculty professional development programs on the adoption of modern technology. *SN Social Sciences*, 4(191). <https://doi.org/10.1007/s43545-024-00991-w>
- Olimovna, M. G. (2023). The role of digital educational technologies in teaching physics. *Science and Innovation: International Scientific Journal*, 2(4). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7824362>
- Parker, C. E., Stylinski, C. D., Bonney, C. R., DeLisi, J., Wong, J., & Doty, C. (2019). Measuring quality technology integration in science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 567-578. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09785-7>
- Patchin, J. W., & Hinduja, S. (2006). Bullies move beyond the schoolyard: A preliminary look at cyberbullying. *Youth Violence and Juvenile Justice*, 4(2), 148–169. <https://doi.org/10.1177/1541204006286288>

- Patero, J. (2023). Integrating technology in physics and math instruction: A pedagogical approach. *International Journal of Advanced Research in Science Communication and Technology*. <https://doi.org/10.48175/IJARSC-T-12371>
- Peris-Ortiz, M., Garrigós-Simón, F. J., & Gil Pechuán, I. (2014). *Innovation and teaching technologies: New directions in research, practice and policy*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04825-3>
- Pierson, M. (2001). Technology integration practice as a function of pedagogical expertise. *Journal of Research on Computing in Education*, 33(4), 413–430.
- Plano Clark, V. L., & Ivankova, N. V. (2024). *Mixed methods research: A guide to the field* (2nd ed.). SAGE Publications
- Ployhart, R. E., & Ward, A.-K. (2011). The "quick start guide" for conducting and publishing longitudinal research. *Journal of Business and Psychology*, 26(4), 413–422. <https://doi.org/10.1007/s10869-011-9209-6>
- Pokhrel, S. (2024). Digital technologies in physics education: Exploring practices and challenges. *Teacher Education Advancement Network Journal*, 15(1), 37-48. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09821-z>
- Pokhrel, S. (2024). *Digital Technologies in Physics Education: Exploring Practices and Challenges*. TEAN Journal, 15(1), 37-48.
- Raveh, I., Lavie, I., Wagner-Gershoren, I., Miedijensky, S., Segal, R., & Klemer, A. (2025). Mathematics and science teachers: How their perceptions of their TPACK and use of technology interrelate. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(1), em2565. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15803>

- Rosales, L. K. G. (2021). Technology integration: Implication for teachers' professional development. *The Southeast Asian Conference on Education 2021: Official Conference Proceedings*, 55-68. <https://doi.org/10.22492/issn.2435-5240.2021.5>
- Rosales, L. K. G. (2021). Technology integration: Implication for teachers' professional development. *The Southeast Asian Conference on Education 2021 Official Conference Proceedings*.
- Rosen, L. D., Whaling, K., Carrier, L. M., Cheever, N. A., & Rokkum, J. (2013). The media and technology usage and attitudes scale: An empirical investigation. *Computers in Human Behavior*, 29(6), 2501–2511. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.06.006>
- Sánchez, A. R., & Barrientos, F. (2019). Exploring mobile learning in science education: A case study in physics. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 274-283. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-9867-0>
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2020). *Technological Pedagogical Content Knowledge Short Questionnaire (TPACK.xs)* [Database record]. PsycTESTS. <https://doi.org/10.1037/t82426-000>
- Shahzad, K., & Khan, S. A. (2023). *Impact of motivation and continuing professional development upon job performance and satisfaction level of reference librarians in Pakistan: An empirical investigation*. Global Knowledge, Memory and Communication. <https://doi.org/10.1108/GKMC-02-2023-0069>
- Shen, W., Lin, X.-F., Chiu, T. K. F., Chen, X., Xie, S., Chen, R., & Jiang, N. (2024). How school support and teacher perception affect teachers' technology integration: A multilevel mediation model analysis. *Education and Information Technologies*, 29, 25069–25091. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-10000-0>
- Smith, S. (2022). Mobile technology: Opportunities and challenges in primary education. *Technology and the Curriculum: Summer 2022*. Ontario Tech University.

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Silberzahn, R., Uhlmann, E. L., Simonsohn, U., Nosek, B. A., & Breznau, N. (2021). Quantitative and qualitative approaches to generalization and replication. *Frontiers in Psychology*, 12, 605191. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.605191>
- Siyam, Y., Siyam, N., & Hussain, M. (2025). Evaluating technology integration in education: A framework for professional development. *Discover Education*, 4(1), Article 53. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00448-z>
- Siyam, Y., Siyam, N., Hussain, M., & Alqaryouti, O. (2025). Evaluating technology integration in education: A framework for professional development. *Discover Education*, 4(53). <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00448-z>
- Smith, J. A., & Brown, R. T. (2023). The impact of technology integration on student learning outcomes: A comparative study.
- Soler-Costa, R., Moreno-Guerrero, A.-J., López-Belmonte, J., & Marín-Marín, J.-A. (2021). Co-word analysis and academic performance of the term TPACK in Web of Science. *Sustainability*, 13(3), 1481. <https://doi.org/10.3390/su13031481>
- Stobaugh, R., & Tassell, J. (2011). Analyzing the degree of technology use occurring in pre-service teacher education. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 23(2), 143–157. <https://doi.org/10.1007/s11092-011-9118-2>
- Taşar, M. F., & Ergül, D. Y. (2023). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Physics Education. In *The International Handbook of Physics Education Research: Teaching Physics* (pp. 1-30). AIP Publishing.
- Thompson, A. D., & Mishra, P. (2007). TPACK: A new direction for technology in teacher education programs. *Journal of Computing in Teacher Education*, 23(3), 78–104.

- Todorova, A., & Osburg, T. (2010). Professional development program for technology integration: Facilitators and barriers to sustainable implementation. *Literacy Information and Computer Education Journal*, 1(1), 93-102.
- Vaezi, H., Moonaghi, H. K., & Golbaf, R. (2019). Design-based research: Definition, characteristics, application, and challenges. *Journal of Education in Black Sea Region*, 5(1), 26–35. <https://doi.org/10.31578/jebbs.v5i1.185>
- Van Nes, F., Abma, T., Jonsson, H., & Deeg, D. (2023). "Qualitative" and "quantitative" methods and approaches across subject fields. *Quality & Quantity*, 57(4), 1897–1913. <https://doi.org/10.1007/s11135-023-01734-4>
- Vongkulluksn, V. W. L., & So, W. W. M. (2021). Collaborative learning in teacher professional development: A systematic review. *Teaching and Teacher Education*, 98, 103271. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103271>
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Researcher*, 34(6), 6-18. <https://doi.org/10.3102/0013189X034006006>
- Williams, J. (2018). A Comprehensive Review of Seven Steps to a Comprehensive Literature Review. The Qualitative Report. doi:10.46743/2160-3715/2018.3374
- Wood, E., Zivcakova, L., Gentile, P., Archer, K., De Pasquale, D., & Nosko, A. (2012). Examining the impact of off-task multi-tasking with technology on classroom learning. *Computers & Education*, 58(1), 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.029>
- Xu, E., Wang, W., & Wang, Q. (2023). The effectiveness of collaborative problem solving in promoting students' critical thinking: A meta-analysis based on empirical literature. *Humanities and Social Sciences Communications*.

- Zhai, C., Wang, T., & Dai, W. (2022). High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves spatial episodic learning and memory performance by regulating brain plasticity in healthy rats. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 974940. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.974940>
- Zhai, X., Li, L., & Chen, Y. (2020). Promoting problem-solving skills through mobile technologies in physics education. *Education Sciences*, 10(2), 123-135. <https://doi.org/10.3390/educsci10020043>
- Zhai, X., Liu, M., & Li, Y. (2022). Effects of mobile learning on students' academic achievement: A meta-analysis of experimental studies. *Computers & Education*, 177, 104375. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104375>
- Zhang, Y., Yang, Y., Chu, Y., Sun, D., Xu, J., & Zheng, Y. (2023). Virtual laboratories in science education: Unveiling trajectories, themes, and emerging paradigms (2013–2023). *Educational Research Review*. <https://doi.org/10.1648-3898>
- Zorde, O., & Lapidot-Lefler, N. (2025). Sustainable educational infrastructure: Professional learning communities as catalysts for lasting inclusive practices and human well-being. *Sustainability*, 17(7), Article 3106. <https://doi.org/10.3390/su17073106>

დანართი 1. TPACK სამეცნიერო კვლევითი კითხვები

„შეაფასეთ, რამდენად ხართ დარწმუნებული თქვენს ამჟამინდელ შესაძლებლობაში, შეასრულოთ თითოეული დავალება.“

1=საერთოდ არ ვარ დარწმუნებული; 2=მცირედ ვარ დარწმუნებული; 3=გარკვეულწილად ვარ დარწმუნებული; 4=საკმაოდ ვარ დარწმუნებული; 5=თითქმის სრულად ვარ დარწმუნებული; 6=სრულად ვარ დარწმუნებული. TCK ელემენტებს ჰქონდა მხოლოდ 0=არ ვიცი ამ ტიპის ტექნოლოგიის შესახებ.

ტექნოლოგიური პედაგოგიური საგნობრივი ცოდნა (TPACK)
TPCK1. იმ ონლაინანთხმაცხეხის მოძებნა და გამოყენება, რომლებიც ეფექტურად წარმოაჩენს კონკრეტულ სამეცნიერო პრინციპებს.
TPCK2. ინტერნეტის გამოყენება მოსწავლეთა იმ მცდარი წარმოდგენების აღმოსაჩენად, რომლებიც დაკავშირებულია სამეცნიერო თემატიკასთან.
TPCK3. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება კლასში მეცნიერული კვლევის ხელშესაწყობად
TPCK4. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება კლასში კონკრეტული თემატიკის სამეცნიერო აქტივობების ხელშესაწყობად.
TPCK5. მოსწავლეების დახმარება, რათა მათ ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით სამეცნიერო მონაცემები შეაგროვონ.

TPCK6. მოსწავლეების დახმარება, რათა მათ ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით სამეცნიერო მონაცემები ამოიკნონ და აორგანიზონ.

TPCK7. მოსწავლეების დახმარება, რათა მათ ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით გაიძლიერონ სამეცნიერო მოვლენებზე დაკვირვების უნარი.

TPCK8. მოსწავლეების დახმარება, რათა მათ ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით, შესაძლებლობა მიეცეთ სამეცნიერო მოვლენების მოდელირებისა.

ტექნოლოგიური პედაგოგიური ცოდნა (TPK)

TPK1. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება ჩემი სწავლების პროდუქტიულობის გასაუმჯობესებლად.

TPK2. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება მოსწავლეებთან კომუნიკაციის გასაუმჯობესებლად.

TPK3. ტექნოლოგიებით აღჭურვილი საკლასო ოთახის ეფექტურად მართვა.

TPK4. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება მოსწავლეთა მოტივაციის ასამაღლებლად.

TPK5. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება მოსწავლეებისთვის ინფორმაციის მიწოდების გასაუმჯობესებლად.

TPK6. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება მოსწავლეების სასწავლო პროცესში აქტიურად ჩასართავად.

TPK7. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება მოსწავლეთა სწავლის შესაფასებლად.

ტექნოლოგიური საგნობრივი ცოდნა (TCK)

TCK1. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება, რომლებიც მეცნიერებს საშუალებას მისცემს, დააკვირდნენ პროცესს, რაც სხვაგვარად გაუჭირდებოდათ.

TCK2. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება, რომლებიც მეცნიერებს საშუალებას მისცემს, დააჩქარონ ან შეანელონ ბუნებრივი მოვლენების წარმოდგენა/წარდგენა.

TCK3. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება, რომლებიც მეცნიერებს საშუალებას მისცემს, შექმნან და იმუშაონ სამეცნიერო მოვლენების მოდელებზე.

TCK4. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება, რომლებიც მეცნიერებს საშუალებას მისცემს, აღრიცხონ მონაცემები, რაც სხვაგვარად გაუჭირდებოდათ.

TCK5. ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება, რომლებიც მეცნიერებს საშუალებას მისცემს, ორგანიზება გაუწიონ და დაინახონ ისეთი ნიმუშები მათ მონაცემებში, რომლებიც სხვაგვარად გაუჭირდებოდათ.

ტექნოლოგიური ცოდნა (TK)

TK1. სურათის შენახვა ვებგვერდიდან თქვენს კომპიუტერში.

TK2. ინტერნეტში აქტუალური ინფორმაციის მოძიება თქვენთვის საჭირო თემაზე.

TK3. ელექტრონული წერილის გაგზავნა დანართთან ერთად .

TK4. პრეზენტაციის შექმნა PowerPoint-ით ან მსგავსი პროგრამის გამოყენებით.

TK5. დოკუმენტის შექმნა ტექსტით და გამოსახულებით ტექსტის დამუშავების პროგრამაში.

TK6. ახალი პროგრამის დამოუკიდებლად შესწავლა.

TK7. ახალი პროგრამის დაინსტალირება, რომლის გამოყენებაც გსურთ.

TK8. ციფრული ფოტოს გადაღება და რედაქტირება.

TK9. ვიდეოკლიპის შექმნა და რედაქტირება.

TK10. ვებ-ტექნოლოგიების გამოყენება (მაგ., ბლოგები, სოციალური ქსელები, პოდკასტი და ა.შ.).

TK11. საკუთარი ვებგვერდის შექმნა.

დანართი 2. თავისუფალი ვარდნის აჩქარების გაზომვა phyphox აპლიკაციის გამოყენებით



მიზანი:

მოცემული ექსპერიმენტით თავისუფალი ვარდნისას აჩქარების რიცხვითი მნიშვნელობის გაზომვა.

ჩამოტვირთეთ აპლიკაცია Phyphox (App store ან Google play store) (აპლიკაცია უფასოა).
აპლიკაციის შესახებ დამატებითი ინფორმაცია შეგიძლიათ იხილოთ ბმულზე.⁴⁵

რესურსები:

სმარტფონი (PhyPhox აპლიკაციით);

სახაზავი;

რაიმე სხეული (მასიური ბურთი, კუბიკი, წებო ან სხვა).

⁴⁵ <https://phyphox.org/>



- 1) გამოიყენეთ აპლიკაციის აკუსტიკური წამმზომი.
- 2) წამმზომი იწყებს მუშაობას, როდესაც სხეულის დაცემის ხმა გაჟღერდება. იხილეთ სურათი.

სურათი

3)

- მოათავსეთ რესურსები ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები და დარწმუნდით, რომ ირგვლივ საკმარისი სიჩუმეა.
- პირველ რიგში გაზომეთ სიმაღლე, საიდანაც სხეული ეცემა. ამისათვის აპლიკაციაში აირჩიეთ მექანიკის ნაწილი, (In)elastic collision, ცხრილში ჩაინიშნეთ საწყისი სიმაღლის ანათვალი.
- სხეულს სწრაფად წაკარით ხელი. სხეული დაიწყებს ვარდნას, აპლიკაციაც იწყებს მუშაობას. (სხეულის საწყისი სიჩქარე ნულის ტოლია).
- როდესაც სხეული დაეცემა, აპლიკაციის საშუალებით მიიღებთ ვარდნის დროის ანათვალს.

4) შეასრულეთ ეს ექსპერიმენტი სამი სხვადასხვა სიმაღლის შემთხვევაში და შესაბამისი მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში.

ცხრილი:

სიმაღლე (მ)	ვარდნის დრო (წმ)	$g \left(\frac{მ}{წმ^2} \right)$
ექსპერიმენტის დროს მიღებული საშუალო $\frac{g}{მ/წმ^2}$		

თეორიული საწყისები:

ჰაერის წინააღმდეგობის უგულებელყოფის შემთხვევაში სხეულის დედამიწაზე ვარდნას **სხეულის თავისუფალი ვარდნა** ჰქვია, ხოლო აჩქარებას, რომლითაც სხეული ვარდება დედამიწაზე, **თავისუფალი ვარდნის აჩქარებას** უწოდებენ.

$$x = x_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

სადაც:

x - სხეულის საბოლოო კოორდინატი;

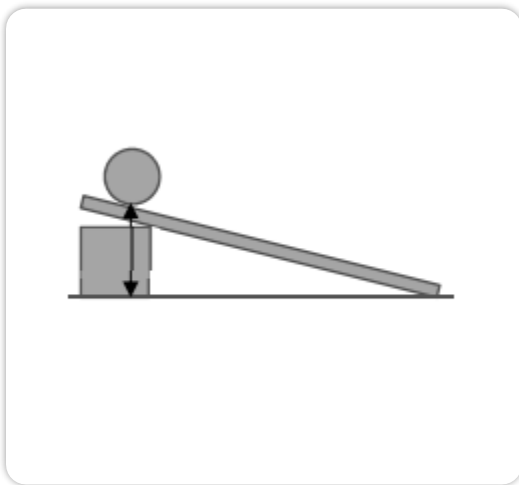
x_0 - სხეულის საწყისი კოორდინატი;

v_0 - სხეულის საწყისი სიჩქარე;

t - დრო, რა დროშიც სხეული დაეცემა დედამიწაზე;

g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაა, რომელიც დედამიწის შემთხვევაში დაახლოებით ტოლია - 9,8 მ/წმ².

დანართი 3. მზრუნავი ცილინდრის სიჩქარის გაზომვა დახრილი სიბრტყის გასწვრივ phyphox აპლიკაციის გამოყენებით



რესურსები:

- სმარტფონი (PhyPhox აპლიკაციით);
- ცილინდრი (მაგ. ჩიფსის ქილა) და ქაღალდი ტელეფონის ცილინდრში გასამყარებლად;
- დახრილი სიბრტყე;
- სასწორი, სახაზავი.

სურათი

ცდის მიმდინარეობა:

მოათავსეთ სმარტფონი ცილინდრში ისე, რომ არ ჰქონდეს მოძრაობის საშუალება. ექსპერიმენტის დასაწყისში სმარტფონის ეკრანის ნაწილი უნდა იყოს ცილინდრის გარეთ, რათა მოახერხოთ სენსორის ჩართვა.

phyphox-ის აპლიკაციის მექანიკის ბლოკიდან აირჩიეთ Roll სენსორი.

ჩართეთ სენსორი და სწრაფადვე ჩადეთ ტელეფონი ცილინდრში. აპლიკაცია იწყებს მუშაობას, შემდეგ განალაგეთ რესურსები ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები.

ცილინდრი დაიწყებს მოძრაობას დახრილი სიბრტყის გასწვრივ, აპლიკაცია კი გვიჩვენებს სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს. მიღებული მონაცემები შეგიძლიათ აპლიკაციის საშუალებითვე გადავიტანოთ Excel-ის ფაილში, რაც შემდგომი ანალიზის საშუალებას იძლევა.

აღწერეთ ექსპერიმენტი და შეეცადეთ, მიღებული მონაცემებით შეაფასოთ მოცემული ფიზიკური მოვლენა.

შეგიძლიათ იხილოთ ვიდეოინსტრუქცია:

(<https://www.youtube.com/watch?v=gPq4Le9kXWE>)

დანართი 4. დამატებითი ფერები



მთავარი კითხვა: როგორ გამოიყურება სინათლის ფერები შერევისას?

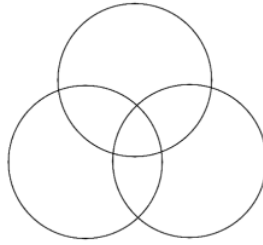
საჭირო რესურსები:

- 3 სმარტფონი- ეკრანის მაქსიმალური სიკაშკაშით;
- Physics Toolbox Sensor Suite: ფერის გენერატორის რეჟიმი;
- თეთრი ფონი, კედელი ან თეთრი ქაღალდი;
- ჩაბნელებული ოთახი (შესაძლოა გამოიყენოთ მუყაოს ყუთი და გამოჭრათ ხვრელი ხელის შესაყოფად);
- ფერადი საღებავები (სურვილისამებრ);



მიმდინარეობა:

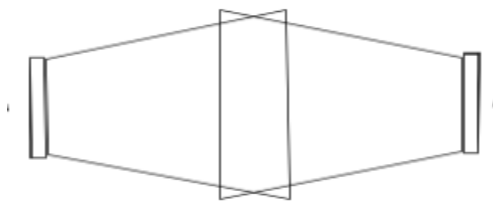
1. გამოიყენეთ სამი ძირითადი ფერი - წითელი, მწვანე და ლურჯი. დააკვირდით, რა ფერები მიიღება ამ სამი ფერის გადაკვეთისას. გამოიყენეთ ვენის დიაგრამა.



2. შემდეგ გამოიყენეთ თქვენი სმარტფონები და აპლიკაციაში აირჩიეთ ფერის გენერატორის რეჟიმი. დარწმუნდით, რომ თქვენს ტელეფონში ეკრანის სიკაშკაშე მაქსიმუმზეა. შემდეგ შეგიძლიათ შეამოწმოთ ორი ფერის შერევისას მიღებული ფერების კომბინაცია.

წითელი+ლურჯი

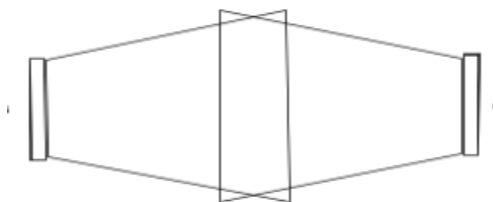
სმარტფონი #1



სმარტფონი #2

წითელი+ლურჯი

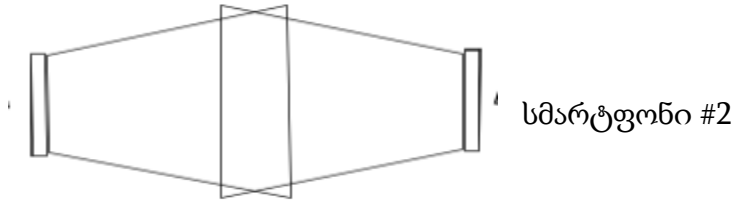
სმარტფონი #1



სმარტფონი #2

ლურჯი+მწვანე

სმარტფონი #1



3. დაასახელეთ მიღებული ფერები.
4. ერთდროულად არაუმეტეს ორი მობილური მოწყობილობის გამოყენებით დააკავშირეთ სინათლის პირველადი და მეორეული ფერები თეთრი ფერის მისაღებად.
5. სურვილისამებრ გამოიყენეთ ფერადი საღებავები და დარწმუნდით მიღებული ფერების სისწორეში.

დანართი 5. ელექტრომაგნეტიზმი



მთავარი კითხვა: რა გავლენას ახდენს ელექტრული დენი მაგნიტურ ველზე?

საჭირო რესურსები:

- სმარტფონი
- Physics Toolbox Sensor Suite:
კომპასის რეჟიმი
- სადენი
- 2 ელემენტი (1.5 V)



მიმდინარეობა:

1. განათავსეთ რესურსები ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები;
2. შეახეთ სადენის ბოლოები ელემენტს და დააკვირდით ცვლილებას, მონიშნეთ მონაცემები;
3. როგორ ფიქრობთ, რამ გამოიწვია ცვლილება?

4. ახლა გადაანაცვლეთ სადენის ბოლოები, დააკვირდით რა მოხდება და შეეცადეთ, ახსნათ მიზეზი;
5. აიღეთ მეორე ელემენტი, დადეთ მიმდევრობით და გაიმეორეთ ზემოთ მოცემული ნაბიჯები. დააკვირდით შედეგს და აღწერეთ;

დანართი 6. დროში განგრძობად კვლევით პროცესში გამოყენებული კითხვები

- რამდენად ხშირად იყენებთ მობილურ აპლიკაციებს საგაკვეთილო პროცესში? გაკვეთილის რომელ ფაზაში?
- მოიძიეთ თუ არა ახალი აპლიკაციები და იყენებთ თუ არა?
- ძირითადად რა გამოწვევების წინაშე დგებით, როდესაც იყენებთ მობილურ აპლიკაციებს?
- როგორია თქვენი მოსწავლეების რეაქცია, იყენებენ თუ არა ისინი მობილურ აპლიკაციებს სხვადასხვა გაზომვებისას? დაინტერესდნენ თუ არა მეტად ფიზიკით, რაც მათ აპლიკაციები აჩვენეთ? როგორ ხვდებით, რომ ინტერესი გაიზარდა?
- როგორ შეაფასებდით გასულ ტრენინგებს? იქონია თუ არა გავლენა თქვენს პროფესიულ განვითარებაზე? თქვენს სასწავლო მიდგომებზე?
- თქვენი აზრით, რა ღონისძიებები უნდა გატარდეს იმისათვის, რომ მსგავსი ტექნოლოგიები დაინერგოს საგაკვეთილო პროცესში?