

ლალი ნადირაძე, მერაბ ტულუში,  
თეიმურაზ შენგელა, თემურ შენგელა, ოთარ ღონღაძე

# ფიზიკა

მე-12 კლასი

მასწავლებლის წიგნი



საქართველოს მაცნე

# ფიზიკა, მე-12 კლასი

## მასწავლებლის წიგნი

ლალი ნადირაძე, მერაბ ტულუში,

თეიმურაზ შენგელია, თემურ შენგელია, ოთარ ღონღაძე

დამკაბადონებელი – ლია მოსეშვილი

გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“

მის: ქ. თბილისი, ე. მაღალაშვილის ქ. №5

ტელ: 568105467; 574 400 857

ელ.ფოსტა: sakmacne@gmail.com, saqartvelosmatsne@gmail.com

www.http://saqmatsne.ge

© გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“

© ლალი ნადირაძე, მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია,  
თემურ შენგელია, ოთარ ღონღაძე

I გამოცემა, 2024 წელი

ISBN 978-9941-16-918-2

## სარჩევი

ზოგადი განათლების ეროვნული მიზნები	4
ეროვნული სასწავლო გეგმა	5
ზოგადი ინფორმაცია სახელმძღვანელოს შესახებ	5
შესაბამისობა მოსწავლის და მასწავლებლის წიგნს შორის	6
წლის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	6
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, მათ შორის ფიზიკის, სწავლების მიზნები და ამოცანები	7
საშუალო საფეხურის ფიზიკის სტანდარტი	7
სტანდარტის შედეგების მიღწევისა და შინაარსის ურთიერთკავშირის მატრიცა	16
სწავლა-სწავლების მიზნები და საგანმანათლებლო პრინციპები ფიზიკის სწავლებისას	18
შეფასება	21
სასკოლო პროცესის ორგანიზება	25
• სასკოლო კურიკულუმის აგების პრინციპები	25
• სამიზნე ცნებები და შედეგები, ქვეცნებები, მკვიდრი წარმოდგენები	25
• საშუალო საფეხურის საკვანძო შეკითხვები	27
თემატური მატრიცა - გრძელვადიანი მიზნების გზაზე შუალედური მიზნების განხორციელების მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტი	28
თემატური ინდიკატორები	29
• თითოეული თემატური ერთეულის ფარგლებში შექმნილი თემატური მატრიცა	31
• პროექტული სწავლების დავალებების ადგილი და როლი თემატურ მატრიცაში	35
• <u>პროექტული დავალებების რესურსები</u>	37
კაპილარული მოვლენები	37
ჩრდილოეთის ციალი	40
შავი ხვრელები	44
ეროვნული სასწავლო გეგმის შედეგების მიღწევის ტაქსონომია	47
ზესაგნობრივი (მაკრო) ცნებები	48
პროექტული დავალებების ბარათები (მოსწავლის/მშობლის)	49
ინკლუზიური განათლება	54
გენდერული თანასწორობა	55
მეტაკოგნიცია და ფუნქციური/კომპონენტური უნარები	56
საკონტროლო კითხვების პასუხები პარაგრაფების მიხედვით	65
პარაგრაფებისა და შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნები	75
საგანმანათლებლო ლექსიკონი	83
მათემატიკა ფიზიკისთვის	86
დანართები	87
ბიბლიოგრაფია	99

## ზოგადი განათლების ეროვნული მიზნები

საქართველოში ზოგადი განათლების სისტემა მიზნად ისახავს შექმნას ხელსაყრელი პირობები ეროვნული და ზოგადსაქართველო ღირებულებების მატარებელი, თავისუფალი პიროვნების ჩამოყალიბებისათვის.

ამასთან ერთად, განათლების სისტემა უვითარებს მოზარდს გონებრივ და ფიზიკურ უნარ-ჩვევებს, აძლევს საჭირო ცოდნას, ამკვიდრებს ჯანსაღი ცხოვრების წესს, მოსწავლეებს უყალიბებს ლიბერალურ და დემოკრატიულ ღირებულებებზე დამყარებულ სამოქალაქო ცნობიერებას და ეხმარება მათ ოჯახის, საზოგადოებისა და სახელმწიფოს წინაშე საკუთარი უფლება-მოვალეობების გაცნობიერებაში.

საქართველოს ზოგადი განათლების სისტემაში მიღებული გამოცდილების საფუძველზე მოზარდმა უნდა შეძლოს:

ა) ქვეყნის ინტერესების, ტრადიციებისა და ღირებულებების მიმართ საკუთარი პასუხის-მგებლობის გააზრება:

სასკოლო განათლებამ უნდა განუვითაროს მოზარდს უნარი, რომ სწორად განსაზღვროს საკუთარი ქვეყნის სახელმწიფოებრივი, კულტურული, ეკონომიკური და პოლიტიკური ინტერესები, და მისცეს მას სასიკეთო გადაწყვეტილებათა მიღებისა და აქტიური მოქმედების შესაძლებლობა;

ბ) ბუნებრივი გარემო პირობების შენარჩუნება და დაცვა:

მოზარდმა უნდა იცოდეს, რა ბუნებრივ გარემოში ცხოვრობს, რა ზიანი შეიძლება მიაყენოს გარემოს ადამიანის ამა თუ იმ მოქმედებამ, როგორ შეინარჩუნოს და დაიცვას ბუნებრივი გარემო;

გ) ტექნოლოგიური თუ სხვა ინტელექტუალური მიღწევების ეფექტიანად გამოყენება; ინფორმაციის მოპოვება, დამუშავება და ანალიზი:

დღეს, როდესაც ადამიანისათვის მისაწვდომია დიდი მოცულობისა და სხვადასხვა შინაარსის ინფორმაცია, მისი ეფექტიანად გამოყენების უნარი სასიცოცხლო მნიშვნელობას იძენს. მოზარდს უნდა შეეძლოს არა მხოლოდ ინფორმაციის მოპოვება, არამედ მისი შეფასებაც შინაარსის, დანიშნულებისა და ხარისხის მიხედვით, დასახული მიზნებისათვის მისი გამოყენების ფორმების განსაზღვრა; ტექნოლოგიური მიღწევების ეფექტიანი გამოყენება ყოველდღიური ცხოვრების, მუშაობის, ინტელექტუალური თუ სულიერი მოღვაწეობის პირობების გასაუმჯობესებლად;

დ) დამოუკიდებლად ცხოვრება, გადაწყვეტილების მიღება:

სასკოლო განათლებამ უნდა განუვითაროს მოზარდს პირად, ოჯახურ და საზოგადოებრივ ცხოვრებაში დამოუკიდებელ გადაწყვეტილებათა მიღების უნარ-ჩვევები;

ე) იყოს შემოქმედი, თავად შექმნას ღირებულებები და არ იცხოვროს მხოლოდ არსებულის ხარჯზე:

სასკოლო განათლებამ უნდა უზრუნველყოს მოზარდის იმ უნარ-ჩვევების განვითარება, რომლებიც მისცემს მას საშუალებას, უკვე არსებული გამოცდილება და მიღწევები გამოიყენოს ახალი მატერიალური, ინტელექტუალური თუ სულიერი ღირებულებების შესაქმნელად;

ვ) საკუთარი შესაძლებლობებისა და ინტერესების უწყვეტი განვითარება მთელი ცხოვრების განმავლობაში და მათი მაქსიმალური რეალიზება როგორც ქვეყნის შიგნით, ისე მის საზღვრებს გარეთაც;

სასკოლო განათლებამ უნდა ჩამოუყალიბოს მოზარდს უწყვეტი განვითარების, მთელი ცხოვრების განმავლობაში ახალი ცოდნისა და ჩვევების დამოუკიდებლად შეძენის უნარი, რათა შეძლოს საკუთარი შესაძლებლობებისა და სულიერი მიდრეკილებების ადეკვატურად განსაზღვრა და ამის მიხედვით საზოგადოებრივ ცხოვრებაში საკუთარი ადგილის დამკვიდრება; მოზარდი მზად უნდა იყოს არჩევანი გააკეთოს მომავალი განათლებისა და შრომითი საქმიანობისათვის;

ზ) კომუნიკაცია ინდივიდებთან და ჯგუფებთან:

სასკოლო განათლებამ უნდა უზრუნველყოს, რომ საზოგადოების მომავალ წევრებს განუვითაროს ზოგადი საკომუნიკაციო უნარ-ჩვევები (წერა, კითხვა, მეტყველება, მოსმენა), საორგანიზაციო და ჯგუფური მუშაობის ჩვევები, მათ შორის იმათ, ვისთვისაც საქართველოს სახელმწიფო ენა მშობლიური არ არის;

თ) იყოს კანონმორჩილი, ტოლერანტი მოქალაქე:

დღევანდელ დინამიკურ, ეთნიკურად და კულტურულად მრავალფეროვან სამყაროში საზოგადოების ფუნქციონირებისათვის განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ურთიერთპატივისცემის,

ურთიერთგაგებისა და ურთიერთშემეცნების ჩვევები. სკოლამ უნდა გამოუმუშაოს მოზარდს ადამიანის უფლებების დაცვისა და პიროვნების პატივისცემის უნარი, რომელსაც იგი გამოიყენებს საკუთარი და სხვისი თვითმყოფადობის შესანარჩუნებლად. მოზარდს უნდა შეეძლოს ადამიანის არსებითი უფლებების შესახებ მიღებული თეორიული ცოდნის განხორციელება და ამ პრინციპებით ცხოვრება.

## ეროვნული სასწავლო გეგმა

ეროვნული სასწავლო გეგმა ეფუძნება ზოგადი განათლების ეროვნულ მიზნებს რომელიც განსაზღვრავს, თუ როგორი თაობების აღზრდას უნდა შეუწყოს ხელი საქართველოს ზოგადი განათლების სისტემამ. ეროვნული სასწავლო გეგმა ზოგადი განათლების ეროვნული მიზნების მიღწევის ერთ-ერთი ძირითადი საშუალებაა. იგი სავალდებულო დოკუმენტია, რომელიც მოიცავს ზოგადი განათლების სხვა მნიშვნელოვან დებულებასთან ერთად იმ მიღწევების (უნარ-ჩვევებისა და ცოდნის) ჩამონათვალს, რომელთაც მოსწავლე უნდა ფლობდეს ყოველი საფეხურის დამთავრებისას, და ამ უნარ-ჩვევებისა და ცოდნის შეძენის საშუალებათა აღწერას.

## ზოგადი ინფორმაცია სახელმძღვანელოს შესახებ

ჩვენ მიერ შემოთავაზებული სახელმძღვანელოს მიზნები, კონცეფცია, შინაარსი და მეთოდიკა სრულად პასუხობს მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნებს. სახელმძღვანელო მოიცავს მოსწავლის და მასწავლებლის სარეკომენდაციო წიგნებს.

**მოსწავლის წიგნში** ყოველი თემის დასაწყისში წარმოდგენილია თავში განხილული საკვანძო საკითხთა ჩამონათვალი საინტერესო ილუსტრაციებთან ერთად. პარაგრაფებში აღწერილი და გაანალიზებული მასალა საინტერესო კითხვით უკავშირდება წინა პარაგრაფის შინაარსს. მოსწავლის წიგნში ყველა პარაგრაფის ბოლოს მოცემულია დასკვნები, საკონტროლო კითხვები, ერთად ამოვხსნათ ამოცანა, პარაგრაფის ბოლოს (10 ამოცანა), დამატებითი სასწავლო რესურსის ბმულები, QR კოდები, სახელმძღვანელოს ბოლოს შემაჯამებელი ამოცანები (40 ამოცანა).

**მასწავლებლის წიგნის** წიგნის მიზანია მეთოდური დახმარება გაუწოს ფიზიკის მასწავლებლებს მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნების მიხედვით სასწავლო პროცესის ეფექტურად დაგეგმვასა და განხორციელებაში. სახელმძღვანელოს მიხედვით წარმართული საგაკვეთილო პროცესი ეფუძნება მოსწავლეზე ორიენტირებულ და კონსტრუქტივისტულ საგანმანათლებლო პრინციპებს.

მესამე თაობის ეროვნულ სასწავლო გეგმაში გრძელვადიანი მიზნები ჩამოყალიბებულია საგნობრივი სამიზნე ცნებებისა და საფეხურის შედეგების სახით. შუალედური მიზნის როლს კი ცალკეული თემის ფარგლებში კომპლექსური (პროექტული სწავლების) დავალება და მასთან მჭიდროდ დაკავშირებული სტრუქტურული ერთეულები (საკითხი, ქვეცნება, საკვანძო შეკითხვა, შეფასების კრიტერიუმი) ასრულებს. მე-12 კლასის მასწავლებლის წიგნში წარმოგიდგინეთ რესურსები პროექტული ტიპის დავალებისთვის. რესურსები შეიცავს შესასწავლ თემას, საკითხებს, კონტექსტ-მაგალითს, რომლითაც ხდება ძირითადი საკითხის/საკითხების დამუშავება, ე.წ. რიდერს, დასამუშავებელი/ძირითადი საკითხის/საკითხების შესახებ, რომელიც წარმოადგენს თეორიულ მასალას და ძირითადად, მოსწავლის წიგნიდან არის აღებული, პროექტული ტიპის დავალების პირობას თავისი განმავითარებელი შეფასების რუბრიკით (კომპლექსური დავალების შემთხვევაში კრიტერიუმები ქუდის ქვეშ: ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე), თითოეულ რუბრიკა დაკავშირებულია ფიზიკის საშუალო საფეხურის სამიზნე ცნებებთან და მასთან კორელაციაში მყოფ მკვიდრ წარმოდგენებთან. რესურსს მასწავლებლისთვის - მიმართულების მიმცემი, დამაკვლიანებელი შეკითხვები, თუ როგორ დამუშავდეს კონტექსტ-მაგალითი და როგორ დაუკავშირდეს იგი რიდერის სახით მოცემულ მასალას, ამასთან როგორ გააქტიურდეს განმავითარებელი შეფასების კრიტერიუმი. რესურსები ასევე შეიცავს კითხვებს, რომელიც ჩამოილია განმავითარებელი შეფასების თითოეული რუბრიკის ქვეშ. ჩვენს მიერ წარმოდგენილი

რესურსები სარეკომენდაციო ხასიათის არის და მასზე დაფუძნებით, მასწავლებელს შესაძლებლობა აქვს პროექტული ტიპის დავალების განხორციელების პროცესი საკუთარი კლასის საუკეთესო ინტერესიდან გამომდინარე წარმართოს და კრიტერიუმების ჩაშლა ნაბიჯების მიხედვით წარმართოს საკუთარი შეხედულებებისამებრ.

მასწავლებლის წიგნს ასევე ახლავს წარმოდგენილი პროექტული სწავლების დავალებების რესურსების მიხედვით შედგენილი ეგრეთ წოდებული პროექტული სწავლების დავალების ბარათი, რომელიც განკუთვნილია მოსწავლისა და მშობლისთვის.

მასწავლებლის წიგნში განთავსებულია მოსწავლის წიგნში პარაგრაფების ბოლოს არსებული საკონტროლო კითხვების და ამოცანების პასუხები. ამასთან ერთად, მასწავლებლის წიგნში იხილავთ შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნებს და მასწავლებლის საჭირო კიდევ მრავალ რესურსს.

## შესაბამისობა მოსწავლის და მასწავლებლის წიგნს შორის

- ❖ გრძელვადიანი მიზნების მიღწევის გზაზე განსახორციელებელი პროექტული სწავლების დავალებების რესურსები დაფუძნებულია სახელმძღვანელოში წარმოდგენილ თემატური ერთეულების (მოლეკულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა, ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები, ასტროფიზიკის საწყისები) შესასწავლ საკითხებზე;
- ❖ სახელმძღვანელოს პარაგრაფებში წარმოდგენილი კვლევითი ექსპერიმენტები შესაბამის მკვიდრ წარმოდგენებსა და სამიზნე ცნებებზე გასვლის მიზნით, ჩაშენებულია მასწავლებლის წიგნში შინაარსობრივად დაკავშირებულ პროექტული სწავლების დავალებების რესურსებში.
- ❖ დამატებითი კითხვები, რომლებიც თან ახლავს ყველა პროექტული სწავლების დავალების რესურსებს, შედგენილია ზედმიწევნით სახელმძღვანელოს პარაგრაფების და მათში ჩაშენებული აქტივობების მიხედვით კონსტრუქტივისტული პრინციპით - მარტივიდან რთულისკენ;
- ❖ პარაგრაფების მიხედვით ყველა საკონტროლო კითხვის და შემაჯამებელი კითხვის პასუხები განთავსებულია მასწავლებლის წიგნში;

## წლის ბოლოს მისაღწევი შედეგები

თანამედროვე ზოგადსაგანმანათლებლო სტანდარტის მიხედვით, სკოლამ მოსწავლე უნდა აღჭურვოს იმ ცოდნითა და უნარ-ჩვევებით, რომელიც მას ხელს შეუწყობს გახდეს საკუთარი განვითარების წარმართველი, აქტიურ შემმეცნებელი და საზოგადოების სრულფასოვანი წევრი. ამ მიზნების მისაღწევ მთავარ ინსტრუმენტს წარმოადგენს ეროვნული სასწავლო გეგმა.

ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით, მეათე, მეთერთმეტე და მეთორმეტე კლასი მიეკუთვნება საშუალო საფეხურს. მეთერთმეტე კლასის წლის ბოლოს მისაღწევი შედეგები გათვლილი უნდა იყოს წლის განმავლობაში მოსწავლეთა მიღწევების ინტენსიურ კვლევაზე, ხოლო სასწავლო ამოცანები დაფუძნებული და მორგებული უნდა იყოს მათ ინტერესებსა და შესაძლებლობებზე.

## საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, მათ შორის ფიზიკის, სწავლების მიზნები და ამოცანები

საბუნებისმეტყველო საგნების, მათ შორის ფიზიკის გააზრებულად შესწავლა მოზარდს დაეხმარება სიღრმისეულად გაიაზროს ბუნებრივი გარემო პირობების შენარჩუნების და დაცვის, ტექნოლოგიური თუ სხვა ინტელექტუალური მიღწევების ეფექტიანად გამოყენების მნიშვნელობა. ფიზიკის და სხვა საბუნებისმეტყველო საგნების გაკვეთილებზე შეძენილი ცოდნა ხელს შეუწყობს მოზარდს იყოს შემოქმედი, შეძლოს დამოუკიდებლად ცხოვრება, გადაწყვეტილების მიღება, თავად შექმნას ღირებულებები, მოახერხოს საკუთარი შესაძლებლობებისა და ინტერესების უწყვეტი განვითარება და მაქსიმალური რეალიზება მთელი ცხოვრების განმავლობაში.

საბუნებისმეტყველო გაკვეთილებზე შეძენილი ცოდნა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს აკადემიური, კვლევითი, საპრეზენტაციო უნარების, აგრეთვე რაოდენობრივი, ეკოლოგიური წიგნიერებისა და სემიოტიკური კომპეტენციების განვითარების საქმეში. აღნიშნული ცოდნის, უნარებისა და კომპეტენციების ფლობა ხელს შეუწყობს მოზარდს შეძლოს უწყვეტი განვითარება, მთელი ცხოვრების განმავლობაში შეიძინოს ახალი ცოდნა და უნარ-ჩვევები, რათა მოახერხოს საკუთარი შესაძლებლობებისა და სულიერი მიდრეკილებების ადეკვატურად განსაზღვრა, საზოგადოებრივ ცხოვრებაში საკუთარი ადგილის დამკვიდრება.

### საშუალო საფეხურის ფიზიკის სტანდარტი

#### შესავალი

წარმოდგენილი კურსი განკუთვნილია საშუალო საფეხურის მოსწავლეებისთვის. მის ფარგლებში ფართოვდება და ღრმავდება საბაზო საფეხურზე ფიზიკაში შეძენილი ცოდნა.

სტანდარტში შედეგებისა და სამიზნე ცნებების სახით განსაზღვრულია გრძელვადიანი მიზნები.

შინაარსი აღიწერება თემების (ქვეთემების), საკითხების და ქვეცნებების სახით. ეროვნულ სასწავლო გეგმა განსაზღვრავს სავალდებულო თემებს. თემების შესაბამის საკითხებს კი სკოლები თავად ირჩევენ.

თითოეულ თემას ახლავს შედეგების მიღწევის ინდიკატორები. ისინი განსაზღვრავს, თუ რა უნდა შეფასდეს სწავლა-სწავლების პროცესში. ინდიკატორები დაჯგუფებულია სამიზნე ცნებების მიხედვით.

#### საფეხურის შედეგები

საშუალო საფეხურზე სტანდარტში გაწერილ თითოეულ შედეგს წინ უძღვის ინდექსი, რომელიც მიუთითებს საგანს, სწავლების ეტაპსა და სტანდარტის შედეგის ნომერს; მაგ., ფიზ.საშ.1.:

„ფიზ.“ – მიუთითებს საგანს „ფიზიკა“;

„საშ.“ – მიუთითებს საშუალო საფეხურს;

„1“ – მიუთითებს სტანდარტის შედეგის ნომერს.

ფიზიკის სტანდარტის შედეგები საშუალო საფეხურზე		
შედეგების ინდექსები	მოსწავლემ უნდა შეძლოს:	სამიზნე ცნებები:
ფიზ.საშ.1.	მეცნიერული მიღწევებისა და კვლევითი უნარ-ჩვევების გამოყენებით ნივთიერებების შემადგენელი სტრუქტურის დახასიათება და ველების მახასიათებელი პარამეტრების შესახებ მსჯელობა მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებებისა და მათი ცვლილების მიზეზების გასააზრებლად;	მატერია (ფიზ.საშ.1,2,3,4)
ფიზ.საშ.2.	მეცნიერული მიღწევებისა და კვლევითი უნარ-ჩვევების გამოყენებით ენერგიის სახეებზე და მათი ურთიერთგარდაქმნის მიზეზებზე/შედეგებზე მსჯელობა ბუნებაში მიმდინარე ფიზიკური მოვლენების დასახასიათებლად;	ენერგია (ფიზ.საშ.1,2,3,4)
ფიზ.საშ.3.	მეცნიერული მიღწევებისა და კვლევითი უნარ-ჩვევების გამოყენებით სხეულთა ურთიერთქმედებებსა და მათ შედეგებზე მსჯელობა ბუნებაში მიმდინარე პროცესების აღსაწერად;	ძალა (ფიზ.საშ.1,2,3,4)
ფიზ.საშ.4	მეცნიერული მიღწევებისა და კვლევითი უნარ-ჩვევების გამოყენებით ბუნებაში არსებული მიზეზ - შედეგობრივი კავშირების დასაბუთება ფიზიკური პროცესების/ მოვლენების აღსაწერად და დასახასიათებლად.	ფიზიკური პროცესი (ფიზ.საშ.1,2,3,4)

#### სავალდებულო თემები

<b>X კლასი</b>
1. ელექტროსტატიკა
2. მუდმივი დენის კანონები
<b>XI კლასი</b>
3. ელექტრომაგნიტური მოვლენები
4. რხევები და ტალღები
5. გეომეტრიული ოპტიკა
<b>XII კლასი</b>
6. მოლეკულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა
7. ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები
8. ასტროფიზიკის საწყისები

რეკომენდებულია სწავლა-სწავლების პროცესში სკოლებმა დაიცვან თემების ზემოთ შემოთავაზებული თანმიმდევრობა (X კლასში რეკომენდებულია ერთ სემესტრში ერთი თემის სწავლება).

#### სავალდებულო თემებისა და შეფასების ინდიკატორების დამაკავშირებელი ცხრილები:

თითოეულ ცხრილში მოცემულია თემის დასახელება, მისი აღწერა და შეფასების ინდიკატორები, რომლებშიც ნაჩვენებია, თუ როგორ რეალიზდება შედეგები კონკრეტულ თემაში.



**თემა: ელექტროსტატიკა**

**თემის ფარგლებში განიხილება:**

ფიზიკის კვლევის საგანი, ამოცანები და კვლევის მეთოდები; ფიზიკის მიმართულებები (დარგები) და მათი კავშირი სხვა მეცნიერებებთან; ფიზიკის მიღწევები;

მუხტების ურთიერთქმედება და კულონის კანონი; ელექტრული ველის დამაბულობა და სუპერპოზიციის პრინციპი; ელექტროსტატიკური ველის პოტენციალური ენერგია და პოტენციალი; ელექტროტევადობა, ბრტყელი კონდენსატორი.

**თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით**

**მატერია** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად;
- მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დამაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალოგია გრავიტაციული ველის მახასიათებლებთან);
- ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად.

**ენერგია** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგიის დასახასიათებლად;
- ბრტყელი კონდენსატორების მოდელების შექმნა, შერეული შეერთების გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერგიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად.

**ძალა** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორობის მდგომარეობის აღსაწერად;
- წერტილოვანი მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალოგია მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუპერპოზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად.

**ფიზიკური პროცესი** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- წერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად.

**თემა: მუდმივი დენის კანონები**

**თემის ფარგლებში განიხილება:**

ელექტრული დენი და გამტარის წინაღობა; ომის კანონი წრედის უბნისათვის; გამტარების მიმდევრობით და პარალელურად შეერთება; დენის მუშაობა და სიმძლავრე; ჯოულ-ლენცის კანონი; დენის წყაროს ემ ძალა და ომის კანონი ჩაკეტილი წრედისათვის; ელექტრული დენი სხვადასხვა გარემოში.

**თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით**

**მატერია** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ნივთიერების აგებულების დახასიათება მისი ელექტრული გამტარებლობის შესასწავლად;
- გამტარის წინაღობის ზომებზე, ნივთიერების გვარობასა და ტემპერატურაზე დამოკიდებულების შესახებ მსჯელობა მისი ყოფა-ცხოვრებაში პრაქტიკული გამოყენების შესახებ არგუმენტების მოსაყვანად. ზეგამტარობის მოვლენის შესახებ მსჯელობა;
- ლითონებში, სითხეებში, აირებსა და ნახევარგამტარებში ელექტრული გამტარებლობის შესწავლა მათი ყოფა-ცხოვრებასა და პროფესიებთან/ტექნოლოგიებთან დასაკავშირებლად;
- P და n ტიპის ნახევარგამტარების კონტაქტის გამოკვლევა ნახევარგამტარული დიოდის მუშაობის პრინციპის ასახსნელად და ტექნოლოგიებში მისი როლის გასაანალიზებლად.

**ენერჯია** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- დენის მუშაობისა და სიმძლავრის შესახებ არგუმენტირებული მსჯელობა/რაოდენობრივი აღწერა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- ექსპერიმენტების დაგეგმვა (ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, თვისობრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა მეთოდით ორგანიზება) და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება მიმდევრობით/პარალელურად/შერეულად შეერთებულ მომხმარებელთა მიერ გამომუშავებული სიმძლავრეების დასადგენად.

**ძალა** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- თავისუფალ მუხტებზე მოქმედ ელექტრულ ძალასა და გამტარებში დენის წარმოქმნას შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირის დადგენა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- ელექტროლიტებში გამტარობის წარმოქმნის მექანიზმის ახსნა, ელექტროლიზის მოვლენის ასახსნელად/ყოფა-ცხოვრებასთან/პროფესიებთან/სხვა დისციპლინებთან დასაკავშირებლად.

**ფიზიკური პროცესი** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- გამტარებში არსებული თავისუფალი მუხტების მოძრაობის დახასიათება გამტარის ელექტრულ ველში მოთავსებამდე და მოთავსების შემდეგ, მასში დენის წარმოქმნის მექანიზმის გასაანალიზებლად;
- აირებში დენის წარმოქმნის მექანიზმის ახსნა ატმოსფეროში ელექტრული მოვლენების/პროცესების აღსაწერად.

**XI კლასი**

<p><b>თემა: ელექტრომაგნიტური მოვლენები</b> <b>თემის ფარგლებში განიხილება:</b> მაგნიტური ველის ინდუქცია და მისი წირები; ამპერისა და ლორენცის ძალები; ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა; კოჭას ინდუქციურობა და მაგნიტური ველის ენერგია; ელექტრული დენის გენერატორი და ელექტროძრავა.</p>
<p><b>თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით</b> <b>მატერია</b> - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• მაგნიტური ველის წარმოქმნისა და მაგნიტური ურთიერთქმედების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებაში მაგნიტებისა და დედამიწის მაგნიტური ველის როლის შესაფასებლად;</li><li>• ნივთიერების მაგნიტური თვისებების შესწავლა მისი პრაქტიკული გამოყენებისთვის არგუმენტების მოსაყვანად.</li></ul> <p><b>ენერგია</b> - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენის გაანალიზება ელექტრული დენის გენერატორისა და ელექტროძრავას მუშაობის პრინციპის ასახსნელად;</li><li>• კოჭას მაგნიტური ველის ენერგიის რაოდენობრივი აღწერა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად.</li></ul> <p><b>ძალა</b> - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ამპერისა და ლორენცის ძალების რაოდენობრივად დახასიათება პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;</li><li>• მარტივი ელექტრომაგნიტის დამზადება და მისი მოქმედების პრინციპის ახსნა ელექტრომაგნიტის ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნოლოგიებში გამოყენების შესახებ არგუმენტების მოსაყვანად.</li></ul> <p><b>ფიზიკური პროცესი</b> - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მუხტის მოძრაობის დახასიათება (დინამიკის კანონების გამოყენებით), მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებსა და მაგნიტური ველის ინდუქციას შორის დამოკიდებულების დადგენა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;</li><li>• ექსპერიმენტის დაგეგმვა, კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ განხორციელება, მონაცემების სხვადასხვა ფორმით ჩაწერა და გაანალიზება ელექტრო-მაგნიტური ინდუქციის მოვლენის შესასწავლად.</li></ul>

<p><b>თემა: რხევები და ტალღები</b> <b>თემის ფარგლებში განიხილება:</b> ჰარმონიული რხევა და მისი მახასიათებლები; განივი და გრძივი ტალღა; ბგერა და მისი გავრცელება; ელექტრომაგნიტური რხევები - რხევითი კონტური; ცვლადი დენი, ცვლადი დენის გენერატორი; ელექტროენერგიის გადაცემა და ტრანსფორმატორი; ელექტრომაგნიტური ტალღები და მათი სიხშირის დიაპაზონი.</p>
<p><b>თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით</b> <b>მატერია</b> - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• მათემატიკური ქანქარას მოდელის შექმნა მისი რხევითი მოძრაობის დახასიათებლად;</li><li>• გარემოში ბგერის გავრცელების მექანიზმის ახსნა ყოფა-ცხოვრებაში ბგერის როლის შესაფასებლად;</li><li>• ცდების/ექსპერიმენტების მომზადება და კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ ჩატარება განივი და გრძივი ტალღების გავრცელების აღსაწერად.</li></ul> <p><b>ენერგია</b> - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ჰარმონიულად მერხვევი სისტემის ენერგიის შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;</li></ul>

- ელექტრული ენერჯის გადაცემის შესახებ მსჯელობა ყოფა - ცხოვრებაში მისი როლის შესაფასებლად;
- ტრანსფორმატორის მუშაობის პრინციპის ახსნა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნოლოგიებში მისი როლის გასაანალიზებლად;
- ცვლადი დენის გენერატორის მუშაობის პრინციპის ახსნა ტექნოლოგიების განვითარებაში მისი როლის გასაანალიზებლად;
- პერიოდულად მოქმედი გარეშე ძალის მიერ მერხვე სისტემაზე გადაცემული ენერჯის შესახებ მსჯელობა რეზონანსის მოვლენის ასახსნელად.

**ძალა** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ჰარმონიული რხევის გამომწვევი ძალების დახასიათება და რეზონანსის გამომწვევი ძალის მოქმედების სიხშირის დაკავშირება მერხვეი სისტემის საკუთარი რხევის სიხშირესთან, პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- ექსპერიმენტის დაგეგმვა და კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ განხორციელება რეზონანსის მოვლენის აღსაწერად.

**ფიზიკური პროცესი** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ექსპერიმენტის დაგეგმვა და კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ განხორციელება მათემატიკურ ქანქარასა და ზამბარაზე მიმაგრებული ტვირთის რხევითი მოძრაობების დახასიათებლად;
- ჰარმონიულად მერხვეი სისტემის მოძრაობის დახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების სხვადასხვა მეთოდით (გრაფიკულად, ანალიზურად და ა.შ.) რაოდენობრივად აღწერა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- მექანიკური და ელექტრომაგნიტური ტალღის გავრცელების სიჩქარის ტალღის სიგრძესა და სიხშირეზე დამოკიდებულების შესწავლა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად.

**თემა: გეომეტრიული ოპტიკა**

**თემის ფარგლებში განიხილება:**

სინათლის წრფივი გავრცელება, არეკვლა და გარდატეხა; თხელი ლინზა და ოპტიკური სისტემები;

**თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით**

**მატერია** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ექსპერიმენტების ორგანიზება/ჩატარება ვაკუუმსა და ერთგვაროვან ნივთიერებაში სინათლის წრფივი გავრცელების შესასწავლად;
- სინათლის გარდატეხის მოვლენის აღწერა ოპტიკური ილუზიების ასახსნელად.

**ენერჯია** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- მზის სხივების დახრის კუთხის მნიშვნელობის შეფასება დედამიწაზე სეზონების ცვლილების ასახსნელად;
- ექსპერიმენტის ჩატარება, ოპტიკური სისტემებით (მაგალითად, ლუპით, ლინზით) სინათლის ენერჯის ლოკალიზებაზე (სხივების ერთ წერტილში თავმოყრაზე) დასაკვირვებლად.

**ძალა** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- სინათლის გავრცელებაზე გრავიტაციის გავლენის შესახებ საწყისი ცნობების მოძიება ოპტიკური ილუზიების ასახსნელად.

**ფიზიკური პროცესი** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ინფორმაციის მოძიების უნარის გამოყენება სინათლის სიჩქარის გაზომვის სხვადასხვა მეთოდის შესასწავლად;
- ექსპერიმენტის დაგეგმვა და უსაფრთხოდ განხორციელება პრიზმაში, ბრტყელ-პარალელურგვერდებიან ფირფიტასა და თხელ ლინზაში სინათლის სვლის აღსაწერად;
- სინათლის არეკვლის კანონების გამოყენებით ბრტყელ სარკეში გამოსახულების აგება მათი ყოფა-ცხოვრებასთან დასაკავშირებლად;

- სინათლის არეკვლის, გარდატეხისა და სრული შინაგანი არეკვლის მოვლენის შესწავლა სხვადასხვა ოპტიკური ხელსაწყოების/სისტემების მუშაობის პრინციპის ასახსნელად;
- სხვადასხვა ოპტიკური ხელსაწყოების/სისტემების მუშაობის პრინციპის ახსნა მათი ყოველდღიურობასა და სხვადასხვა პროფესიასთან დასაკავშირებლად.

## XII კლასი

### **თემა: მოლეკულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა**

#### **თემის ფარგლებში განიხილება:**

მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი დებულებები; იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება და იზოპროცესები; იდეალური აირის მუშაობა მუდმივი ან წრფივად ცვლადი წნევის დროს; იდეალური აირის შინაგანი ენერგია; თერმოდინამიკის პირველი კანონი; სითბური მრავების მქკ; აბსოლუტური და ფარდობითი ტენიანობა; სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა და კაპილარული მოვლენები; სითხის სიბლანტე.

#### **თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით**

##### **მატერია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:**

- ჰიპოთეზის გამოთქმა, ცდების/ექსპერიმენტების მომზადება, კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ ჩატარება ნივთიერების დისკრეტული აგებულების, შემადგენელი მოლეკულების ქაოსურად მოძრაობისა და მათ შორის შუალედების არსებობის დასადასტურებლად;
- ჰაერის ტენიანობის რაოდენობრივი აღწერა და მისი გამომწვევი მიზეზების შესახებ არგუმენტირებული მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებაში ჰაერის ტენიანობის შესახებ ცოდნის როლის შესაფასებლად;
- სითხის ზედაპირული დაჭიმულობისა და კაპილარული მოვლენების გამომწვევ მიზეზებზე არგუმენტირებული მსჯელობა ბუნებასა და ყოველდღიურობაში მათი როლის გასაანალიზებლად და სხვადასხვა დისციპლინასთან დასაკავშირებლად.

##### **ენერგია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:**

- იდეალური აირის მუშაობის რაოდენობრივი აღწერა იზობარული პროცესისა და წრფივად ცვლადი წნევის დროს, ტექნიკის განვითარებაში იდეალური აირის მუშაობის შესახებ ცოდნის როლის შესაფასებლად;
- სითბური მრავების მუშაობის პრინციპის ახსნა ტექნოლოგიების განვითარებაში მისი როლის გასაანალიზებლად;
- სითბური მრავებით გამოწვეული ეკოლოგიური პრობლემების გაანალიზება და მათი გადაჭრის გზებზე მსჯელობა გარემოს დაცვის კუთხით დამოკიდებულების შესაქმნელად;
- თერმოდინამიკის პირველი კანონის გაანალიზება მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარებაში მისი როლის შესაფასებლად.

##### **ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:**

- იდეალური აირის წნევის მის კონცენტრაციასა და ტემპერატურაზე დამოკიდებულების შესწავლა ყოფა-ცხოვრებაში აირის წნევის როლის შესაფასებლად;
- კაპილარულ მოვლენებსა და მის გამომწვევ მიზეზებზე მსჯელობა, ყოფა-ცხოვრებასა და მცენარეებში მისი როლის გასაანალიზებლად;
- სითხის მოლეკულების აგებულების დაკავშირება მის ფიზიკურ თვისებებთან, სითხის სიბლანტის ასახსნელად.

##### **ფიზიკური პროცესი - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:**

- აირის შემადგენელი მოლეკულების მოძრაობის სახეზე მსჯელობა. მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარესა და აირის ტემპერატურას შორის კავშირის დადგენა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;



- აბსოლუტური ნულის, როგორც ბუნებაში არსებული ყველაზე დაბალი ტემპერატურის შესახებ მსჯელობა მეცნიერებასა და ყოფა-ცხოვრებაში მისი როლის შესაფასებლად;
- ცდების/ექსპერიმენტების მომზადება, ჰიპოთეზის გამოთქმა, კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ ჩატარება იდეალური აირის იზოპროცესების აღსაწერად.

**თემა: ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები**

**თემის ფარგლებში განიხილება:**

სინათლის სიჩქარე და პლანკის მუდმივა - კლასიკური და კვანტური ფიზიკის მოქმედების არეალები; სინათლის ორმაგი ბუნება (დუალიზმი); ფოტონის ენერგია და ფოტოეფექტი; რეზერვუორდის ცდა, ატომის პლანეტარული მოდელი; ბორის პოსტულატები და წყალბადის ატომის ბორის თეორია; ბირთვული ძალები და რადიოაქტივობა; ბირთვის დაშლისა და სინთეზის რეაქციები; ელემენტარული ნაწილაკების კლასიფიკაციაზე ზოგადი წარმოდგენების ჩამოყალიბება.

**თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით მატერია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:**

- რადიოაქტივობის მოვლენის შესახებ მსჯელობა მეცნიერებაში, მედიცინასა და არქეოლოგიაში მისი როლის შესაფასებლად;
- ატომის ბირთვის აღნაგობის აღწერა და ბირთვული რეაქციების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად.

**ენერგია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:**

- ფოტონის ენერგიისა და ფოტოეფექტის მოვლენის შესახებ მსჯელობა. ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნოლოგიებში ფოტოეფექტის როლის გასაანალიზებლად;
- წყალბადის ატომის ენერგეტიკული დონეების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- ბირთვული რეაქტორის მუშაობის პრინციპის ახსნა ყოფა-ცხოვრებაში ბირთვული ენერგიის როლის შესაფასებლად.

**ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:**

- ბირთვული ძალების დახასიათება და ბირთვის სტაბილურობის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- სინათლის წნევის შესახებ მსჯელობა სინათლის კორპუსკულარული ბუნების გასაანალიზებლად.

**ფიზიკური პროცესი - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:**

- ატომის პლანეტარული მოდელის მიხედვით ელექტრონების ბირთვის გარშემო მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრების აღწერა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- ამაჩქარებლების, როგორც თანამედროვე კვლევითი ცენტრების მნიშვნელობის შესახებ მსჯელობა ნაწილაკების აღმოჩენასა და ტექნოლოგიების განვითარებაში მათი როლის შესაფასებლად.

**თემა: ასტროფიზიკის საწყისები**

**თემის ფარგლებში განიხილება:**

თანამედროვე წარმოდგენები სამყაროს წარმოშობის შესახებ (დიდი აფეთქების თეორია); სამყაროს ობიექტები (პლანეტები, ვარსკვლავები, შავი ხვრელები, გალაქტიკები); სამყაროს ხილული და უხილავი ნაწილი; სამყაროს აჩქარებულად გაფართოება.

**თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით**

**მატერია** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- მატერიის ჩამოყალიბების შესახებ არსებული თეორიის გაცნობა სამყაროს შემადგენლობაზე წარმოდგენების შესაქმნელად;
- გალაქტიკებისა და მისი შემადგენელი ობიექტების (შავი ხვრელების, თეთრი ჯუჯების, ნეოტრონული ვასრკვლავების და ა.შ.) დახასიათება სამყაროს ობიექტების აღსაწერად;
- სამყაროს ხილული და უხილავი ნაწილის (შავი მატერიისა და ბნელი ენერჯის) შესახებ არსებული თეორიის გაცნობა, სამყაროს შემადგენელ მატერიაზე წარმოდგენების შესაქმნელად.

**ენერჯია** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ვარსკვლავებში მიმდინარე თერმობირთვულ რეაქციებზე მსჯელობა მათი ნათების ასახსნელად.

**ძალა** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- სამყაროს ობიექტებს შორის არსებული ურთიერთქმედების შესახებ მსჯელობა ობიექტების განლაგებისა და მოძრაობის ასახსნელად;
- შავი ხვრელების გრავიტაციაზე მსჯელობა მათ მიერ ინფორმაციის შთანთქმის უნარის შესახებ ზოგადი წარმოდგენების ჩამოსაყალიბებლად.

**ფიზიკური პროცესი** - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- სამყაროს აჩქარებულად გაფართოების შესახებ მსჯელობა მეცნიერების მიღწევებისა და განვითარების გასაანალიზებლად;
- სამყაროში არსებული ობიექტების მოძრაობის შესახებ მსჯელობა სხვადასხვა სისტემის (მზის სისტემა, გალაქტიკა) დასახასიათებლად.

სტანდარტის შედეგების მიღწევისა და შინაარსის ურთიერთკავშირის მატრიცა

შინაარსი	დრო სთ	სტანდარტის შედეგები			
		ფიზ. საშ. 1	ფიზ. საშ. 2	ფიზ. საშ. 3	ფიზ. საშ. 4
<b>თემა 1. მოლეკულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა</b>	<b>23</b>				
§ 1.1 მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი დებულებები	1	+	+	+	+
§ 1.2. ატომების და მოლეკულების ზომები, მასა და რაოდენობა	1	+	+	+	+
§ 1.3. ბროუნის მოძრაობა	1	+	+	+	+
§ 1.4. მოლეკულების ურთიერთქმედება	1	+	+	+	+
§ 1.5. იდეალური აირი. მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი განტოლება.	1	+	+	+	+
§ 1.6. ტემპერატურა და მისი გაზომვა	1	+	+	+	+
§ 1.7. აირის მოლეკულების სიჩქარე. შტერნის ცდა	1	+	+	+	+
§ 1.8 იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება	1	+	+	+	+
§ 1.9. აირის კანონები	1	+	+	+	+
§ 1.10. იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება	1	+	+	+	+
§ 1.11 მუშაობა თერმოდინამიკაში	1	+	+	+	+
§ 1.12 თერმოდინამიკის პირველი კანონი	1	+	+	+	+
§ 1.13. თერმოდინამიკის პირველი კანონის გამოყენება იზოპროცესებში	1	+	+	+	+
§ 1.14. პროცესების შეუქცევადობა ბუნებაში	1	+	+	+	+
§ 1.15. სითბური ძრავები. კარნოს ციკლი	1	+	+	+	+
§ 1.16. შიგაწვის ძრავა და სამაცივრე დანადგარი	1	+	+	+	+
§ 1.17. ფაზური გადასვლა ორთქლი-სითხე	1	+	+	+	+
§ 1.18. ნაჯერი ორთქლის წნევა. დუღილი	1	+	+	+	+
§ 1.19. ჰაერის ტენიანობა. ნამის წერტილი	1	+	+	+	+
§ 1.20. სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა	1	+	+	+	-
§ 1.21. კაპილარული მოვლენები	1	+	+	+	+
§ 1.22. სითხის სიბლანტე	1	+	+	+	+
შემაჯამებელი გაკვეთილი	1	+	+	+	+
<b>თემა 2. ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები</b>	<b>16</b>				
§ 2.1 სითბური გამოსხივება. პლანკის ჰიპოთეზა	1	+	+	+	+
§ 2.2 ფოტოეფექტი. ფოტოეფექტის კანონები	1	+	+	+	+
§ 2.3 ფოტონი. აინშტაინის განტოლება ფოტოეფექტისათვის	1	+	+	+	+
§ 2.4 სინათლის წნევა. სინათლის დუალიზმი	1	+	+	+	+
§ 2.5 რეზერფორდის ცდა. ატომის ბირთვული მოდელი	1	+	+	+	+
§ 2.6 ბორის პოსტულატები	1	+		+	+



§ 2.7 ატომის ბირთვის აგებულება	1	+	+	+	+
§ 2.8 ბირთვული რეაქციები	1	+	+	+	+
§ 2.9 ბმის ენერგია	1	+	+	+	+
§ 2.10 რადიოაქტივობა	1	+	+	+	+
§ 2.11 რადიოაქტიური დაშლის კანონი	1	+	+	+	+
§ 2.12 ჯაჭვური ბირთვული რეაქციები	1	+	+	+	+
§ 2.13 ბირთვული რეაქტორი	1	+	+	+	+
§ 2.14 თერმობირთვული სინთეზი	1	+	+	+	+
§ 2.15 ელემენტარული ნაწილაკები	1	+	+	+	+
შემაჯამებელი გაკვეთილი	1	+	+	+	+
<b>თემა 3. ასტროფიზიკის საფუძვლები</b>	<b>15</b>				
§ 3.1 რას შეისწავლის ასტროფიზიკა	1	+	+	+	+
§ 3.2 წლიური პარალაქსი და მანძილი ვარსკვლავებამდე	1	+	+	+	+
§ 3.3 ხილული და აბსოლუტური ვარსკვლავური სიდიდე. ვარსკვლავის ნათობა	1	+	+	+	+
§ 3.4 ვარსკვლავის ზომა. ვარსკვლავის მასა	1	+	+	+	+
§ 3.5 ვარსკვლავთა გამოსხივების სპექტრები და სპექტრული კლასები. ვარსკვლავთა მიმდევრობები	1	+	+	+	+
§ 3.6 ვარსკვლავების ევოლუცია	1	+	+	+	+
§ 3.7 ცეფეიდები. ახალი და ზეახალი ვარსკვლავები	1	+	+	+	+
§ 3.8 პულსარები. შავი ხვრელები	1	+	+	+	+
§ 3.9 ირმის ნახტომი	1	+	+	+	+
§ 3.10 გალაქტიკები	1	+	+	+	+
§ 3.11 ჰაბლის კანონი. დიდი აფეთქების თეორია	1	+	+	+	+
§ 3.12 სამყაროს ბნელი მატერია და ბნელი ენერგია	1	+	+	+	+
§ 3.13 მზის სისტემა. პლანეტები	1	+	+	+	+
§ 3.14 ჯუჯა პლანეტები და მზის სისტემის მცირე სხეულები	1	+	+	+	+
შემაჯამებელი გაკვეთილი	1	+	+	+	+
<b>სარეზერვო დრო</b>	<b>16</b>				
<b>სულ</b>	<b>70</b>				

## სწავლა-სწავლების მიზნები და საგანმანათლებლო პრინციპები ფიზიკის სწავლებისას

ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით მეთერთმეტე კლასი საშუალო საფეხურს განეკუთვნება.

საშუალო საფეხურის მისიაა:

- ა) საგანთა გადრმავებული სწავლების გზით სისტემური ცოდნის კონსტრუირება;
- ბ) მოაზროვნე, მაძიებელი, ახლის შემოქმედი, წიგნიერი, ინფორმირებული და პასუხისმგებლობის გრძნობის მქონე მოქალაქის ჩამოყალიბება, რომელსაც შეუძლია გადაწყვეტილებების დამოუკიდებლად მიღება, საკუთარი მიღწევების გამოყენება ახალი მატერიალური, ინტელექტუალური თუ სულიერი ღირებულებების შესაქმნელად.

ეროვნული სასწავლო გეგმის სწავლა-სწავლების მიზნებია, მოსწავლეს განუვითაროს შემდეგი **გამჭოლი უნარები და ღირებულებები:**

პრობლემების გადაჭრა	პრობლემის ამოცნობა, აღწერა და გაანალიზება; პრობლემის გადაჭრის გზების ძიება, მათგან ყველაზე ეფექტურის შერჩევა.
კრიტიკული აზროვნება	ფაქტების, წარმოდგენების, მოსაზრებების კრიტიკულად განხილვა და გაანალიზება; შეკითხვების ჩამოყალიბება და მათზე პასუხის ძიება; არგუმენტირებულად მსჯელობა, ანუ საკუთარი მოსაზრებების დასაბუთება შესაფერისი არგუმენტების, მაგალითების მოყვანით; გონივრული არჩევანის გაკეთება და მისი დასაბუთება.
შემოქმედებითი აზროვნება	ჩანაფიქრის შემოქმედებითად განხორციელება; ორიგინალური იდეების გამოვლენა და ხორცშესხმა; ახლის შექმნა; დასმული პრობლემების გადასაჭრელად არასტანდარტული გზების მოძიება; სწრაფვა გარემოს გარდაქმნა-გაუმჯობესებისკენ; გამოწვევების მიღება, სასკოლო საქმიანობაში გაბედული ნაბიჯების გადადგმა.
თანამშრომლობა	სამუშაოს თანასწორად განაწილება და შესრულება ჯგუფური/გუნდური მუშაობის დროს; მზაობა ჯგუფში/გუნდში სხვადასხვა ფუნქციის შესასრულებლად (მაგ., ლიდერის); განსხვავებული იდეების, შეხედულებების კონსტრუქციულად განხილვა; რესურსების, მოსაზრებების, ცოდნის გაზიარება პრობლემათა ერთობლივად გადაჭრის, გადაწყვეტილებათა ერთობლივად მიღების მიზნით.
კომუნიკაცია	განცდილის, ნააზრევის მიტანა მსმენელამდე/მკითხველამდე, მათზე შთაბეჭდილების მოხდენა; ინფორმაციის გაზიარება საკომუნიკაციო სიტუაციის შესაბამისი ვერბალური და არავერბალური საშუალებების გამოყენებით; სხვისი მოსმენისა და გაგების უნარი; პიროვნული ღირსების გააზრებისა და დაფასების უნარი.
ეთიკა	ეთიკური ნორმების დაცვა; სოლიდარობის განცდა; ემპათია; განსხვავებულობის მიმდებლობა; საკუთარ აქტივობაზე პასუხისმგებლობის გააზრება.

<p>მეწარმეობა, ინიციატივების გამოვლენა და საქმედ ქცევა</p>	<p>სწავლა-სწავლების პროცესში ინტერესისა და ცნობისმოყვარეობის გამოვლენა; ახალი იდეების, მიდგომების, შესაძლებლობების ძიება და მათი განხორციელება სწავლის გაუმჯობესების მიზნით; მზაობა გამოწვევების მისაღებად, გაბედული ნაბიჯების გადასადგმელად.</p>
<p>დროსა და სივრცეში ორიენტირება</p>	<p>თანამედროვე რეალობის სივრცულ-დროით ჭრილში გააზრება და ინტერპრეტირება; მულტიპერსპექტიული ხედვა დროითი და სივრცული ფაქტორების გათვალისწინებით.</p>
<p>კვლევა</p>	<p>კვლევითი ამოცანის, კვლევის პროცედურების, მონაცემების მოპოვების გზებისა და აღრიცხვის ფორმების განსაზღვრა; სათანადო რესურსების შერჩევა; კვლევის ჩატარება, მონაცემების აღრიცხვა და სხვადასხვა ფორმით წარმოდგენა/ ორგანიზება; მონაცემების ანალიზი, არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა; კვლევის შედეგების შეფასება; კვლევითი სამუშაოების ჩატარების დროს ეთიკისა და უსაფრთხოების ნორმების დაცვა.</p>
<p>სწავლის სწავლა დამოუკიდებლად საქმიანობა</p>	<p>აქტივობის/დავალების ღირებულების განსაზღვრა - მოსწავლემ უნდა დაინახოს, რას შესძენს აქტივობის შესრულება, რა პიროვნულ თუ სოციალურ სარგებელს მოუტანს მას; აქტივობის/დავალების დაგეგმვა - მოთხოვნათა გააზრება და მის შესასრულებლად საჭირო ცოდნის განსაზღვრა; დავალების/აქტივობის მთავარი მიზნის განსაზღვრა; სამუშაოს წარმატებით შესრულების კრიტერიუმების დადგენა; განსახორციელებელი სამუშაოს ეტაპების გამოკვეთა; იმის განჭვრეტა, თუ რა გაუადვილდება, რა გაუძნელდება, რაში დასჭირდება დახმარება; სტრატეგიების მიზანშეწონილად შერჩევა სამუშაოს თითოეული ეტაპისათვის; სწავლის პროცესის მონიტორინგი - დაფიქრება სწავლის პროცესზე, იმ პირობების და ფაქტორების ამოცნობა, რომლებიც ხელს უწყობს ან აფერხებს წინსვლას, სათანადო ზომების მიღება წინსვლის ხელშესაწყობად; თვითშეფასება ძლიერი და სუსტი მხარეების დასადგენად, სუსტი მხარეების გასაძლიერებლად გზების დასახვა; სოციომოციური მართვა - ნერვიულობის მინიმუმამდე დაყვანა, საჭიროებისამებრ, დახმარების თხოვნა, საკუთარ თავში სიმძნელეთა გადალახვის რესურსების პოვნა; შეცდომების მიმართ პოზიტიური დამოკიდებულების ჩამოყალიბება და წინსვლის წყაროდ გამოყენება; ცალკეული საქმიანობისთვის გამოყოფილი დროის ეფექტურად გამოყენება.</p>
<p>პასუხისმგებლობა</p>	<p>სასკოლო საქმიანობებში (სასკოლო ცხოვრებაში) ნაკისრი ვალდებულების შესრულება; სამუშაოს დადგენილ ვადებში დასრულება და ჩაბარება; საკუთარი ქცევის მართვა, საკუთარ ქცევებზე, სოციალურ აქტივობებზე პასუხისმგებლობის აღება.</p>
<p>ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება</p>	<p>ქსელური ძიება; ინფორმაციის გავრცელება; ელექტრონული რესურსის მოძიება და გამოყენება სასწავლო პროცესში.</p>
<p>წიგნიერება</p>	<p>ზეპირი და წერიტი მეტყველების გზით ინფორმაციის მიღების, დამუშავების, გააზრების, სისტემაში მოყვანის, გაანალიზება-ინტერპრეტირებისა და წარდგენა-გაზიარების უნარი.</p>

ზოგადი განათლების ეროვნული მიზნებიდან გამომდინარე, ეროვნული სასწავლო გეგმა ეფუძნება პიროვნების განვითარებაზე ორიენტირებულ კონსტრუქტივისტულ საგანმანათლებლო კონცეფციას და განსაზღვრავს **ხუთ ძირითად საგანმანათლებლო პრინციპს**, რომლებსაც უნდა დაეფუძნოს ფიზიკის სწავლა-სწავლების პროცესი.

ეს პრინციპებია:

**I. სწავლა-სწავლება ხელს უწყობდეს მოსწავლეთა შინაგანი ძალების გააქტიურებას.** მიღებული ინფორმაცია ცოდნად გარდაიქმნება მოსწავლის მიერ მისი აქტიური დამუშავების შედეგად. მოსწავლე მიწოდებული ინფორმაციიდან გამოარჩევს ცოდნის შენებისთვის (კონსტრუირებისთვის) მნიშვნელოვან ელემენტებს და ცოდნად გარდაქმნის შერჩეულ ინფორმაციას სხვადასხვა სააზროვნო ოპერაციის განხორციელების საფუძველზე.

**II. სწავლა-სწავლება ხელს უწყობდეს ცოდნის ეტაპობრივად კონსტრუირებას წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით.** ინფორმაციის დამუშავება და ცოდნად გარდაქმნა წინარე ცოდნის საშუალებით ხორციელდება. წინარე ცოდნა განაპირობებს იმას, თუ მიწოდებული ინფორმაციიდან რა კომპონენტებს მიაქცევს ყურადღებას მოსწავლე და რის სწავლას შეძლებს იგი.

**III. სწავლა-სწავლება ხელს უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.** მეხსიერებაში ცოდნათა ურთიერთდაკავშირება და ორგანიზება ზრდის გააზრების, დამახსოვრებისა და ცოდნის ფუნქციური გამოყენების შესაძლებლობებს.

**IV. სწავლა-სწავლება უნდა უზრუნველყოფდეს სწავლის სტრატეგიების დაუფლებას (სწავლის სწავლა).** სწავლის პროცესში მართებული ხერხებისა და მიდგომების გამოყენება წარმატებული სწავლის განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს. კონკრეტული მიზნის მისაღწევად განსახორციელებელ ქმედებათა გააზრებულად, გაცნობიერებულად დაგეგმვა და კოორდინირება ზრდის მოსწავლის ქმედითუნარიანობას, ეხმარება მას მიზნის ეფექტიანად მიღწევასა და სიძნელეთა გადალახვაში. აქედან გამომდინარე, მასწავლებელი ვალდებულია, დააფიქროს მოსწავლე იმ ხერხებსა თუ მიდგომებზე, რომლებსაც იგი გამოიყენებს მიზნის მისაღწევად და დაეხმაროს მათ შორის, საუკეთესოს აღმოჩენაში.

**V. სწავლა-სწავლება უნდა მოიცავდეს ცოდნის სამივე კატეგორიას: დეკლარატიულს, პროცედურულსა და პირობისეულს.**

ა) დეკლარატიული ცოდნა სტატიკური ხასიათისაა. იგი გულისხმობს თეორიების, ფაქტების, წესების ცოდნას და პასუხობს კითხვას: რა ვიცი?

ბ) პროცედურული ცოდნა დინამიკურია და იძლევა ცოდნის რეალიზების საშუალებას. პროცედურული ცოდნა პასუხობს კითხვას: როგორ გავაკეთო/როგორ შევასრულო?

გ) პირობისეული ცოდნა დინამიკურია და გულისხმობს პირობების, ანუ არსებითი ნიშან-თვისებების ამოცნობას. იგი უზრუნველყოფს სხვადასხვა კონტექსტში ცოდნის ადეკვატურად გამოყენებას და პასუხობს კითხვას: როდის და/ან რატომ გამოვიყენო ეს ცოდნა?

მნიშვნელოვანია ფიზიკის გაკვეთილზე უზრუნველყოფილი იყოს თანაბრად ხელმისაწვდომი საგანმანათლებლო პროცესი, რომელიც მორგებული იქნება ყველა მოსწავლისთვის განათლების ინდივიდუალური საგანმანათლებლო საჭიროებასა და შესაძლებლობაზე.

## შეფასება

მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნების მიხედვით, გრძელვადიანი მიზნების მიღწევის გზაზე თემის ფარგლებში შუალედური მიზნის მიღწევა ორ მნიშვნელოვან კომპონენტთან (პროდუქტი და ძირითადი საკითხი) ერთად გულისხმობს ასევე მნიშვნელოვანი კომპონენტის - **შეფასების კრიტერიუმების** არსებობას.

**შეფასების კრიტერიუმები**, დაფუძნებული უნდა იყოს სამიზნე ცნების მკვიდრ წარმოდგენებზე.

ზოგადად, მოსწავლის შეფასების მთავარი მიზანია:

1. სწავლა-სწავლების ხარისხის მართვა, რაც გულისხმობს, ერთი მხრივ, სწავლის ხარისხის გაუმჯობესებაზე ზრუნვას და, მეორე მხრივ, სწავლა-სწავლების ხარისხის მონიტორინგს. შეფასება უნდა იძლეოდეს ინფორმაციას მოსწავლის ინდივიდუალური პროგრესის შესახებ.

2. მოსწავლის შეფასება არის სწავლა-სწავლების განუყოფელი ნაწილი. თანამიმდევრული საგანმანათლებლო პროცესის უზრუნველსაყოფად, მოსწავლის შეფასება უნდა დაეფუძნოს სწავლის კონსტრუქტივისტულ პრინციპებს.

3. მოსწავლის შეფასების ძირითად ამოცანებს წარმოადგენს:

ა) აჩვენოს, როგორ მიმდინარეობს მოსწავლის ცოდნის კონსტრუირების პროცესი და მეხსიერებაში ცოდნათა ურთიერთდაკავშირება;

ბ) ახალი სასწავლო საკითხის/თემის დაწყებამდე დაადგინოს მოსწავლის წინარე ცოდნა და წარმოდგენები;

გ) გამოავლინოს, რამდენად ახერხებს მოსწავლე საკუთარი ძლიერი და სუსტი მხარეების დამოუკიდებლად შეფასებას, ასევე რამდენად გააზრებულ და ეფექტიან ნაბიჯებს დგამს იგი საკუთარი წინსვლის ხელშესაწყობად;

დ) მოიცვას სამივე კატეგორიის ცოდნა;

ე) აჩვენოს, რამდენად ახერხებს მოსწავლე ცოდნის ერთობლიობათა ფუნქციურად გამოყენებას შინაარსიან კონტექსტებში.

4. ძირითადი ამოცანების გადასაჭრელად მოსწავლის შეფასებაში პრიორიტეტი მიენიჭება პროექტული სწავლების ტიპის დავალებებს, რომელთა შესრულება მოსწავლეს უზიდავს ცოდნის სხვადასხვა კომპონენტის ინტერაქტიულად და თანადროულად გამოყენებისკენ.

**მოსწავლის შეფასება** სწავლა-სწავლების პროცესის გრძელვადიან მიზნებზე ორიენტირებასთან უშუალოდ არის დაკავშირებული. სწავლება და შეფასება ერთი პროცესის ორი ურთიერთ-შესაბამისობაში მყოფი კომპონენტია.

აღსანიშნავია ისიც, რომ განმავითარებელ შეფასებაში შემფასებელი შეიძლება იყოს როგორც მასწავლებელი, ასევე - მოსწავლეც. მაგალითად, მოსწავლეებს უნდა მიეცეთ საშუალება, გასცენ და მიიღონ უკუკავშირი თავიანთი თანაკლასელებისგან და ასევე აქტიურად გამოიყენონ მეტაკოგნიტური და კოგნიტური სტრატეგიები თვითშეფასების მიზნით. სწავლის პროცესის შეფასებაში ამგვარი ჩართულობა მოსწავლეს გამოუმუშავებს დამოუკიდებლად სწავლის უნარ-ჩვევებს, დაეხმარება სწავლის სტრატეგიების ათვისებაში, საშუალებას მისცემს, გაცნობიერებულად შეუწყოს ხელი საკუთარ წინსვლასა და წარმატებას. შეფასებაში ჩართვის ძირითადი მიზანია მოსწავლის გათვითცნობიერება სწავლის პროცესებში, რაც მას შეასწავლის ამ პროცესების გააზრებულად და დამოუკიდებლად მართვას.

ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით გამოიყენება ორი ტიპის შეფასება: **განმავითარებელი და განმსაზღვრელი**.

	საკლასო შეფასება		გარე შეფასებები
განმავითარებელი თუ განმსაზღვრელი?	განმავითარებელი	განმსაზღვრელი	განმსაზღვრელი
შეფასების ფორმები და შემფასებლები	<p><b>მასწავლებელი:</b> ზეპირსიტყვიერი ან წერილობითი უკუკავშირი, წამახალისებელი მითითებები, ცოდნის/გაგების შემამოწმებელი კითხვები, რუბრიკები, ქვიზები და ა.შ.</p> <p><b>მოსწავლეები:</b> თვითშეფასება, თვითრეგულირებული სწავლა (მეტაკოგნიცია და თვითრეგულაცია), ურთიერთშეფასება</p>	<p><b>მასწავლებელი:</b> ქულით ან/და კომენტარით შეფასებული შემაჯამებელი შეფასებები (ქულას შეიძლება ახლდეს კომენტარი ძლიერი და სუსტი მხარეების აღწერით, ხარვეზების გამოსასწორებელი მითითებებით)</p>	<p><b>გარე შემფასებელი:</b> ერთიანი ეროვნული გამოცდები, სტანდარტიზებული ტესტები, Cambridge KET, PET, FCE; PISA, PIRLS, TIMMS</p>
ამოცანები	<p>ცოდნის კონსტრუირებისა და ცოდნათა ურთიერთდაკავშირების პროცესის შეფასება;</p> <p>წინარე ცოდნის/წარმოდგენების დადგენა;</p> <p>მოსწავლის მიერ თავისივე ძლიერი და სუსტი მხარეების დადგენის უნარის შეფასება;</p> <p>მოსწავლის მიერ საკუთარი წინსვლის ხელშესაწყობად გააზრებული ნაბიჯების გადადგმის უნარის შეფასება;</p> <p>ცოდნის სამივე კატეგორიის ათვისების პროცესის შეფასება;</p> <p>ცოდნის ერთობლიობათა ფუნქციურად გამოყენების უნარის შეფასება.</p>	<p>ცოდნათა ურთიერთდაკავშირების უნარის შეფასება;</p> <p>ცოდნის სამივე კატეგორიის გამოყენების უნარის შეფასება;</p> <p>ცოდნის ერთობლიობათა ფუნქციურად გამოყენების უნარის შეფასება.</p> <p>კურიკულუმის, გამოყენებული ინსტრუქციული სტრატეგიების ეფექტურობის შეფასება და ა.შ.</p>	<p>აკადემიური წლის განმავლობაში ცოდნის შემაჯამებელი შეფასება;</p> <p>მოსწავლეების სელექცია უნივერსიტეტებში</p> <p>ჩასარიცხად, ა.შ.</p>
მიზნები	<p>სწავლის ხარისხის გაუმჯობესება;</p> <p>მოსწავლის წინსვლისა და განვითარების ხელშეწყობა.</p>	<p>მოსწავლის აკადემიური მიღწევის დონის დადგენა საგნობრივი სასწავლო გეგმის შედეგებთან მიმართებით.</p>	<p>სასერტიფიკატო შეფასება, მოსწავლეების მიღწევის დონის შეფასება.</p>

აღსანიშნავია ისიც, რომ შესაძლებელია ყოველი განმსაზღვრელი შეფასების შედეგი, იქნება ეს ნიშანი თუ რეკომენდაცია, გამოყენებული იქნეს განმავითარებელი მიზნებისთვისაც.

**განმავითარებელი შეფასებისას მასწავლებელმა აუცილებლად უნდა გაითვალისწინოს განმავითარებელი შეფასების 5 სტრატეგია/ფაქტორი:**

- რომელ მიზანზეა (გრძელვადიანი/შუალედური) ორიენტირებული განმავითარებელი შეფასება;
- რამდენად აძლევს სასწავლო პროცესში შესრულებული დავალებები მოსწავლეს ცოდნის/საკუთარი შესაძლებლობების წარმოჩენის საშუალებას და რამდენად შეუწყო ხელი პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში მოსწავლის ფუნქციური უნარების განვითარებას?
- რამდენად ეფექტურად გამოიყენება განმავითარებელი უკუკავშირი მოსწავლის წინსვლისა და განვითარების ხელშესაწყობად?
- რამდენად იყენებენ მოსწავლეები ურთიერთშეფასების სტრატეგიებს?
- რამდენად აქცევს მოსწავლე ყურადღებას მეტაკოგნიტურ ასპექტებს?

	საით მიემართება მოსწავლე	რა ეტაპზეა ახლა მოსწავლე	როგორ მივაღწიოთ მიზანს
<b>მასწავლებელი</b>	რა სასწავლო მიზნებთან, მათ შორის გრძელვადიან მიზნობრივ ორიენტირთან, მიმართებით ყალიბდება განმავითარებელი შეფასება?	რამდენად აძლევს სასწავლო პროცესში შესრულებული დავალებები მოსწავლეს ცოდნის/საკუთარი შესაძლებლობების წარმოჩენის საშუალებას და რამდენად შეუწყო ხელი პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში მოსწავლის ფუნქციური უნარების განვითარებას?	რამდენად ეფექტურად გამოიყენება განმავითარებელი უკუკავშირი მოსწავლის წინსვლისა და განვითარების ხელშესაწყობად?
<b>თანატოლი</b>		რამდენად იყენებენ მოსწავლეები ურთიერთშეფასების სტრატეგიებს?	
<b>მოსწავლე</b>		რამდენად აქცევს მოსწავლე ყურადღებას მეტაკოგნიტურ ასპექტებს?	

განმავითარებელი შეფასების ნაწილია ასევე მასწავლებლის თვითრეფლექსია, ანუ იმის ანალიზი, თუ რამდენად მოახდინა მასწავლებლის საქმიანობამ ზეგავლენა მოსწავლის მიღწევებზე, რა უნდა იქნას გათვალისწინებული შემდგომ პერიოდში სასწავლო პროცესის დაგეგმვისას.

განმავითარებელი შეფასება		
მიზნობრივი ორიენტირი	მეტაკოგნიცია	ფუნქციური/კომპონენტური უნარები
მოსწავლის მიღწევების აღწერა -		
რჩევა მოსწავლეებს -		

ზოგადი კრიტერიუმი (ზოგადი)	შეფასების კრიტერიუმები (კონკრეტული)	ქულა	კომენტარი
მოსწავლე აქტიურადაა ჩართული სასწავლო პროცესში	მოსწავლემ მართებულად გაიგო პროექტული დავალების პირობა.		
მოსწავლე ამჟღავნებს ფაქტობრივი მასალის ცოდნას; პროცედურული ცოდნის გამოყენებით განაზოგადებს სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებულ მოსაზრებებს.	საგნობრივი საკითხი/საკითხები :		
მოსწავლეს შეუძლია განაზოგადოს პროექტული დავალების შეფასების კრიტერიუმის სახით ჩამოყალიბებული მოსაზრებები.	პროექტული დავალების შეფასების კრიტერიუმი 1.		
	პროექტული დავალების შეფასების კრიტერიუმი 2.		
მასწავლებლის თვითრეფლექსია -			

სწავლის ხარისხის გაუმჯობესების ხელშესაწყობად უპირატესობა უნდა მიენიჭოს განმავითარებელ შეფასებას, რომელიც აფასებს მოსწავლეს თავის წინარე შედეგებთან მიმართებით, ზომავს ინდივიდუალურ წინსვლას და, ამდენად, აძლევს მოსწავლეს ცოდნის ეტაპობრივად აგების (კონსტრუირების) საშუალებას.

მოსწავლის მიღწევების გაანალიზებაში მასწავლებელს დაეხმარება ეროვნული სასწავლო გეგმის შედეგების მიღწევის ზემოთ ნახსენები ტაქსონომია, რომლის საშუალებითაც კონკრეტულ საკითხთან მიმართებით სამიზნე ცნების გააზრების ხარისხი აღიწერება.

**განმსაზღვრელი შეფასებისთვის** ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით ორი მოდელი გამოიყენება.

**მოდელი 1** - ნიშანი იწერება მიმდინარე საკლასო, საშინაო და შემაჯამებელი დავალების კომპონენტებში, ხოლო სემესტრული ქულა გამოითვლება ამ სამი კომპონენტის საშუალო არითმეტიკულის საფუძველზე.

**მოდელი 2** - ნიშანი იწერება მხოლოდ შემაჯამებელ დავალებებში. მათ რაოდენობას თავად სკოლა განსაზღვრავს სასკოლო სასწავლო გეგმის პრიორიტეტებიდან გამომდინარე.

სკოლას უფლება აქვს სხვადასხვა კლასში, სხვადასხვა საგანში განმსაზღვრელი შეფასების სხვადასხვა მოდელი გამოიყენოს.

ქვემოთ წარმოდგენილია შეფასების რუბრიკა, რომელიც წარმოაჩენს, თუ რა ნიუანსები უნდა შეფასდეს ნიშნით სწავლა-სწავლების პროცესში.



## სასკოლო პროცესის ორგანიზება

### ❖ სასკოლო კურიკულუმის აგების პრინციპები

ეროვნული სასწავლო გეგმის საფეხურებრივი საგნობრივი სტანდარტები განსაზღვრავს სავალდებულო საგნობრივ მოთხოვნებს (რა უნდა შეეძლოს და რა უნდა იცოდეს მოსწავლეს). მათზე დაყრდნობით იგეგმება წლიური პროგრამები/სასკოლო კურიკულუმი, რომლებიც წარმოადგენს სტანდარტის მოთხოვნათა რეალიზების გზებს.

წლიური პროგრამები/სასკოლო კურიკულუმი უნდა დაიგეგმოს სავალდებულო სასწავლო თემების საშუალებით. სასწავლო თემა წამოადგენს ფუნქციურ კონტექსტს, რომელიც სტანდარტის ნაწილების ინტეგრირებულად და ურთიერთდაკავშირებულად სწავლების საშუალებას იძლევა. **თითოეული თემის ფარგლებში სტანდარტის ყველა შედეგი და სამიზნე ცნება უნდა დამუშავდეს.** მაშასადამე, სასწავლო თემების ცვლით შეიცვლება კონტექსტები, მაგრამ არ შეიცვლება სწავლის მიზნები, რომლებიც სტანდარტის შედეგებისა და სამიზნე ცნებების სახითაა ფორმულირებული (შედეგი და სამიზნე ცნება თავისთავად არ წარმოადგენს დამოუკიდებელ სასწავლო ერთეულს - თემას).

მოსწავლის პიროვნულ განვითარებაზე ორიენტირება უზრუნველყოფილია მაშინ, როცა სასწავლო პროცესი ეფუძნება ეროვნული სასწავლო გეგმის **გრძელვადიან მიზნებსა (შედეგებსა და სამიზნე ცნებებს) და მეთოდოლოგიურ ორიენტირებს.**

საგნობრივი სამიზნე ცნებები - ეროვნული სასწავლო გეგმის თითოეული შედეგი უკავშირდება საგნობრივ სამიზნე ცნებას. ეროვნულ სასწავლო გეგმაში ყველა საგნისთვის განსაზღვრულია რამდენიმე სამიზნე ცნება. საფეხურის დონეზე მათი დაუფლება, შედეგებთან ერთად, საგნის სწავლა-სწავლების გრძელვადიან მიზანს წარმოადგენს.

### ❖ სამიზნე ცნებები და შედეგები, ქვეცნებები, მკვიდრი წარმოდგენები

წარმოგიდგენთ ფიზიკის სამიზნე ცნებებს და მათთან დაკავშირებულ შედეგებს:

- **მატერია** (შედეგი: 1,2,3,4)
- **ენერჯია** (შედეგი: 1,2,3,4)
- **ძალა** (შედეგი: 1,2,3,4)
- **ფიზიკური პროცესი** (შედეგი: 1,2,3,4)

გრძელვადიან მიზნებს (შედეგებსა და სამიზნე ცნებებს) აზუსტებს და უფრო მკაფიოს ხდის ცნებასთან დაკავშირებული:

- I. **ქვეცნებები;**
- II. **მკვიდრი წარმოდგენები;**
- III. **საფეხურის საკვანძო შეკითხვები.**

**ქვეცნებები** გამომდინარეობს სამიზნე ცნებიდან. მათი საშუალებით სასკოლო კურიკულუმში განისაზღვრება კონკრეტული საკითხები და ქვესაკითხები.

**მკვიდრი წარმოდგენები** შემოფარგლავს ცნების მოცულობას და განსაზღვრავს, რა უნდა ჰქონდეს გაცნობიერებული მოსწავლეს ამ ცნებასთან მიმართებით საფეხურის ბოლოს. მათი საშუალებით წარმოჩნდება განზოგადებები, რომლებამდეც მოსწავლე უნდა მივიდეს ნებისმიერი თემის სწავლა-სწავლების პროცესში. მკვიდრი წარმოდგენები მჭიდროდ უკავშირდება ერთმანეთს

(არ შეიძლება მათი იზოლირებულად დამუშავება). ისინი განისაზღვრება სასკოლო კურიკულუმის და არა ეროვნული სასწავლო გეგმის დონეზე.

**შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები** პროექტულ დავალებაზე მუშაობისას შუალედურ როლს ასრულებს მკვიდრ წარმოდგენებსა და შეფასების კრიტერიუმს შორის. იგი ეხმარება მასწავლებელს მკვიდრი წარმოდგენებიდან ფოკუსირდეს კონკრეტული პროექტული დავალების ფარგლებში შესასწავლს საკითხებზე.

წარმოგიდგენთ **სამიზნე ცნებებს**, მათთან დაკავშირებულ მკვიდრი წარმოდგენებს და შეფასების ზოგად კრიტერიუმებს ფიზიკაში:

სამიზნე ცნება	მკვიდრი წარმოდგენები მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს რომ:	შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები მოსწავლეს შეუძლია:
<b>მატერია</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ყველაფერი რაც ჩვენ გარშემო არსებობს მატერიაა. იგი ორი სახისაა: ნივთიერება და ველი. ყველა ნივთიერება შედგება ნაწილაკებისაგან - მოლეკულებისა და ატომებისგან;</li> <li>ნივთიერების ფიზიკური თვისებები დამოკიდებულია მის შემადგენელ ნაწილაკებსა და სტრუქტურაზე, ხოლო ველის ფიზიკური თვისებები - ველის შემქნელი ობიექტების მოძრაობასა და განლაგებაზე;</li> <li>მატერიის ფიზიკური თვისებები შეიძლება შეიცვალოს შიდა/გარე ფაქტორებით. ეს თვისებები და მათი ცვლილება ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომლებიც იზომება ცდის მეშვეობით.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>გააცნობიეროს, მატერიის რომელი სახეები ხვდება მას, განსახილველ საკითხში, რისგან შედგება ნივთიერება, რომელიც მის მიერ განსახილველ საკითხში მონაწილეობს;</li> <li>გაანალიზოს, რა დამოკიდებულებაა განსახილველ საკითხში წარმოდგენილი ნივთიერების თვისებებსა და მის სტრუქტურას შორის, რა დამოკიდებულებაა განსახილველ საკითხში არსებული ველის თვისებებსა და ველის შემქნელი ობიექტების განლაგებას/მოძრაობას შორის;</li> <li>იმსჯელოს, რომელი გარე/შიდა ფაქტორები განაპირობებს მატერიის ფიზიკური თვისებების ცვლილებებს და რომელი ფიზიკური სიდიდეებით ხასიათდება მატერიის ეს თვისებები და მათი ცვლილება.</li> </ol>
<b>ენერგია</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ენერგია სისტემის მდგომარეობის ერთ - ერთი ძირითადი განმსაზღვრელია და ახასიათებს მის მიერ მუშაობის შესრულების უნარს;</li> <li>სისტემის შემადგენელ სხეულებს/ნაწილაკებს გააჩნიათ სხვადასხვა სახის ენერგია, რომელიც შესაძლებელია გარდაიქმნას ერთი</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>იმსჯელოს, ენერგიაზე, როგორც სისტემის მდგომარეობის განმსაზღვრელ ძირითად სიდიდესა ან/და ამ სისტემის მუშაობის შესრულების უნარზე;</li> <li>გააცნობიეროს, ენერგიის რომელი სახეებით</li> </ol>

	<p>სახიდან მეორეში. ჩაკეტილი სისტემის სრული ენერგია მუდმივია;</p> <p>3. სისტემაში ენერჯის გარდაქმნა განპირობებულია შიდა ფაქტორებით, ხოლო სისტემის სრული ენერჯის ცვლილება - გარე ფაქტორებით.</p>	<p>ხასიათდება განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულები და როგორ გარდაიქმნება ენერგია;</p> <p>3. დაადგინოს, რომელი შიდა ფაქტორები განაპირობებს სისტემაში ენერჯის გარდაქმნებს და რომელი გარე ფაქტორები - სისტემის სრული ენერჯის ცვლილებას;</p>
<b>ძალა</b>	<p>1. სხეულებს შორის ურთიერთქმედება ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით - ძალით. ბუნებაში ურთიერთქმედების ოთხი სახე გვხვდება;</p> <p>2. ძალის მოქმედება განსაზღვრავს სხეულის მოძრაობის ცვლილებას ან/და მის დეფორმაციას, შედეგი კი დამოკიდებულია ძალის მოდულზე, მიმართულებასა და მოდების წერტილზე;</p>	<p>1. იმსჯელოს, რა სახის ურთიერთქმედებები ხდება მას, განსახილველ მოვლენაში და როგორ აღიწერება ეს ურთიერთქმედებები;</p> <p>2. გაანალიზოს, რას იწვევს სხეულზე/სისტემაზე მოქმედი ძალები და რაზეა დამოკიდებული ძალის მოქმედებით გამოწვეული შედეგები;</p>
<b>ფიზიკური პროცესი</b>	<p>1. ფიზიკური პროცესი სისტემის/სხეულის მდგომარეობის დროში ცვლილებაა, რომელიც აღიწერება რაოდენობრივი და თვისობრივი მახასიათებლებით;</p> <p>2. ყველა ფიზიკურ მოვლენას/პროცესს აქვს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი, რომელთა დაკავშირებაც შესაძლებელია ბუნების კანონების გამოყენებით.</p>	<p>1. იმსჯელოს, რა თვისობრივი ცვლილებები მიმდინარეობს განსახილველ ფიზიკურ პროცესში და როგორ აღიწერება ეს ცვლილებები რაოდენობრივად;</p> <p>2. დააკავშიროს ერთმანეთთან განსახილველი მოვლენის/პროცესის გამომწვევი მიზეზები და შედეგები, ახსნას ეს კავშირი ბუნების კანონების გამოყენებით;</p>

❖ **საშუალო საფეხურის საკვანძო შეკითხვები**

საფეხურის საკვანძო შეკითხვების საშუალებით გამოიკვეთება აქცენტები, რომლებზე ორიენტირებითაც უნდა წარიმართოს სწავლა-სწავლების პროცესი. წარმოგიდგინოთ სარეკომენდაციო ხასიათის საფეხურის საკვანძო შეკითხვებს სამიზნე ცნებების მიხედვით:

**თემატური მატრიცა - გრძელვადიანი მიზნების გზაზე შუალედური მიზნების განხორციელების მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტი**

<b>თემა</b>	<b>საფეხურის საკვანძო შევითხვები:</b>
<b>მატერია</b>	რით არის განპირობებული ნივთიერებათა მრავალფეროვნება? რატომ არის მნიშვნელოვანი მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებებისა და მათი ცვლილებების დახასიათება? როგორ დავადგინოთ მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებების ცვლილებებსა და ამ ცვლილებების გამომწვევ მიზეზებს შორის კავშირი?
<b>ენერჯია</b>	რა ზეგავლენას ახდენს ბუნებრივ პროცესებში ენერჯიის მიმდინარე გარდაქმნები ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაზე? როგორ აღვწეროთ ბუნებრივ პროცესებში ენერჯიის მიმდინარე გარდაქმნები და ამ გარდაქმნების გამომწვევი მიზეზები?
<b>ძალა</b>	რატომ არის მნიშვნელოვანი ბუნებაში არსებული ურთიერთქმედებებისა და მათ მიერ გამოწვეული შედეგების აღწერა? როგორ დავაკავშიროთ ბუნებაში არსებული ურთიერთქმედებებით მიღებული შედეგები მათ მიზეზებთან?
<b>ფიზიკური პროცესი</b>	რატომ არის მნიშვნელოვანი ბუნებაში არსებული მოვლენებისა და ბუნებრივ მოვლენებში მიმდინარე პროცესების დახასიათება? როგორ დავგეხმარება ბუნებაში არსებული ობიექტების მოძრაობის დახასიათება ყოველდღიური ცხოვრების გასაუმჯობესებლად?

გრძელვადიან მიზანს განსაზღვრავს ეროვნული სასწავლო გეგმა, ხოლო მის მისაღწევად საჭიროა სასწავლო პროცესი დაიყოს შუალედურ სასწავლო მიზნებად. შუალედურ სასწავლო მიზნებს სკოლა განსაზღვრავს საკუთარი საჭიროებებისა და შესაძლებლობებიდან გამომდინარე.

გრძელვადიანი მიზნების საფუძველზე შუალედური მიზნების გამოსაყოფად, უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია სასწავლო **თემის**, როგორც სტრუქტურული ერთეულის მნიშვნელობის გააზრება. ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნების მიხედვით, თემა წარმოადგენს კონტექსტს, რომლის ფარგლებშიც უნდა დამუშავდეს ეროვნული სასწავლო გეგმის ყველა შედეგი და სამიზნე ცნება.

ფიზიკის საგანი გრძელვადიანი მიზნების (შედეგები და სამიზნე ცნებები) ფარგლებში ოთხ სამიზნე ცნებაზეა აგებული და ეს ცნებები ბუნებრივად ერთმანეთთან არის დაკავშირებული, თუმცა მნიშვნელოვანია მასწავლებელმა სწორად შეაფასოს და მოახერხოს კონკრეტული თემის ფარგლებში ეროვნული სასწავლო გეგმის გრძელვადიანი მიზნების (შედეგები და სამიზნე ცნებები) გამოკვეთა და მოსწავლეთა ყურადღების აქცენტირება.

აღნიშნულის გააზრებაში მას დაეხმარება:

- **შედეგების მიღწევის ინდიკატორები** - ინდიკატორები აკავშირებს თემას საფეხურის შედეგებთან;
- **თემატური მკვიდრი წარმოდგენები** - აკავშირებს თემას სამიზნე ცნების მკვიდრ წარმოდგენებთან.

- ❖ მათემატიკური
- ❖ თემატური ინდიკატორები

წარმოგიდგენთ მე-12 კლასში შესასწავლი სავალდებულო თემების **თემატური ინდიკატორების** ნიმუშებს ცნებების მიხედვით:

თემა: მოლექულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა	მოსწავლემ უნდა შეძლოს:
<b>მატერია</b>	<p>ნივთიერების დისკრეტული აგებულების, შემადგენელი მოლექულების ქაოსურად მოძრაობისა და მათ შორის შუალედების არსებობის შესახებ მსჯელობა;</p> <p>ჰაერის ტენიანობის რაოდენობრივი აღწერა და მისი გამომწვევი მიზეზების გაანალიზება;</p> <p>სითხის ზედაპირული დაჭიმულობისა და კაპილარული მოვლენების გამომწვევ მიზეზებზე არგუმენტირებული მსჯელობა ბუნებასა და ყოველდღიურობაში მათი როლის გასაანალიზებლად და სხვადასხვა დისციპლინასთან დასაკავშირებლად.</p>
<b>ენერგია</b>	<p>იდეალური აირის მუშაობის რაოდენობრივი აღწერა იზობარული პროცესისა და წრფივად ცვლადი წნევის დროს;</p> <p>სითხური მრავების მუშაობის პრინციპის ახსნა ტექნოლოგიების განვითარებაში მისი როლზე მსჯელობა;</p> <p>სითხური მრავებით გამოწვეული ეკოლოგიური პრობლემების გაანალიზება და მათი გადაჭრის გზებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;</p> <p>თერმოდინამიკის პირველი კანონის გაანალიზება მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარებაში მისი როლის შესაფასებლად.</p>
<b>ძალა</b>	<p>იდეალური აირის წნევის მის კონცენტრაციასა და ტემპერატურაზე დამოკიდებულების შესწავლა ყოფა-ცხოვრებაში აირის წნევის როლის შესაფასებლად;</p> <p>კაპილარულ მოვლენებზე და მის გამომწვევ მიზეზებზე მსჯელობა, ყოფა-ცხოვრებასა და მცენარეებში მისი როლის გასაანალიზებლად;</p> <p>სითხის მოლექულების აგებულების დაკავშირება მის ფიზიკურ თვისებებთან, სითხის სიბლანტის ასახსნელად.</p>
<b>ფიზიკური პროცესი</b>	<p>აირის შემადგენელი მოლექულების მოძრაობის სახეზე მსჯელობა. მოლექულების მოძრაობის სიჩქარესა და აირის ტემპერატურას შორის კავშირის დადგენა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;</p> <p>აბსოლუტური ნულის, როგორც ბუნებაში არსებული ყველაზე დაბალი ტემპერატურის შესახებ მსჯელობა მეცნიერებასა და ყოფა-ცხოვრებაში მისი როლის შესაფასებლად;</p> <p>ცდების/ექსპერიმენტების მომზადება, ჰიპოთეზის გამოთქმა, კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ ჩატარება იდეალური აირის იზოპროცესების აღსაწერად.</p>

<p><b>თემა:</b> ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები</p>	<p><b>მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</b></p>
<p><b>მატერია</b></p>	<p>რადიოაქტივობის მოვლენის შესახებ მსჯელობა მეცნიერებაში, მედიცინასა და არქეოლოგიაში მისი როლის შესაფასებლად; ატომის ბირთვის აღნაგობის აღწერა და ბირთვული რეაქციების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად.</p>
<p><b>ენერგია</b></p>	<p>ფოტონის ენერჯისა და ფოტოეფექტის მოვლენის შესახებ მსჯელობა. ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნოლოგიებში ფოტოეფექტის როლის გასაანალიზებლად; წყალბადის ატომის ენერგეტიკული დონეების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; ბირთვული რეაქტორის მუშაობის პრინციპის ახსნა ყოფა-ცხოვრებაში ბირთვული ენერჯის როლის შესაფასებლად.</p>
<p><b>ძალა</b></p>	<p>ბირთვული ძალების დახასიათება და ბირთვის სტაბილურობის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; სინათლის წნევის შესახებ მსჯელობა სინათლის კორპუსკულარული ბუნების გასაანალიზებლად.</p>
<p><b>ფიზიკური პროცესი</b></p>	<p>ატომის პლანეტარული მოდელის მიხედვით ელექტრონების ბირთვის გარშემო მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრების აღწერა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; ამაჩქარებლების, როგორც თანამედროვე კვლევითი ცენტრების მნიშვნელობის შესახებ მსჯელობა ნაწილაკების აღმოჩენასა და ტექნოლოგიების განვითარებაში მათი როლის შესაფასებლად.</p>

თემა: ასტროფიზიკის საწყისები	მოსწავლემ უნდა შეძლოს:
მატერია	მატერიის ჩამოყალიბების შესახებ არსებული თეორიის გაცნობა სამყაროს შემადგენლობაზე წარმოდგენების შესაქმნელად; გალაქტიკებისა და მისი შემადგენელი ობიექტების (შავი ხვრელების, თეთრი ჯუჯების, ნეოტრონული ვასრკვლავების და ა.შ.) დახასიათება სამყაროს ობიექტების აღსაწერად; სამყაროს ხილული და უხილავი ნაწილის (შავი მატერიისა და ბნელი ენერჯის) შესახებ არსებული თეორიის გაცნობა, სამყაროს შემადგენელ მატერიაზე წარმოდგენების შესაქმნელად.
ენერჯია	ვასრკვლავებში მიმდინარე თერმობირთვულ რეაქციებზე მსჯელობა მათი ნათების ასახსნელად.
ძალა	სამყაროს ობიექტებს შორის არსებული ურთიერთქმედების შესახებ მსჯელობა ობიექტების განლაგებისა და მოძრაობის ასახსნელად; შავი ხვრელების გრავიტაციაზე მსჯელობა მათ მიერ ინფორმაციის შთანთქმის უნარის შესახებ ზოგადი წარმოდგენების ჩამოსაყალიბებლად.
ფიზიკური პროცესი	სამყაროს აჩქარებულად გაფართოების შესახებ მსჯელობა მეცნიერების მიღწევებისა და განვითარების გასაანალიზებლად; სამყაროში არსებული ობიექტების მოძრაობის შესახებ მსჯელობა სხვადასხვა სისტემის (მზის სისტემა, გალაქტიკა) დასახასიათებლად.

❖ თითოეული თემატური ერთეულის ფარგლებში შექმნილი თემატური მატრიცა

თითოეული სასწავლო თემის, როგორც სტრუქტურული ერთეულის მთლიანობაში გააზრებას მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს თემატური მატრიცის (ცხრილი) სწორი აღქმა, რადგან მასწავლებელი თავდაპირველად, მატრიცის თავსართში ვიზუალურად ერთიანად ხედავს: შესასწავლი თემის სახელწოდებას, საათების სავარაუდო რაოდენობას, თემატურ მკვიდრ წარმოდგენებს, თემატურ საკვანძო შეკითხვებს.



გთავაზობთ სავალდებულო თემების მიხედვით შედგენილ თემატურ მატრიცებს:

თემატური მატრიცა	
თემა - მოლეკულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა	საათების სავარაუდო რაოდენობა <b>(23+5)</b> სთ
თემატური მკვიდრი წარმოდგენები:	თემასთან დაკავშირებული საკვანძო შეკითხვები:
<p><b>მატერია</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ყველა ნივთიერება შედგება ნაწილაკებისაგან - მოლეკულებისა და ატომებისგან;</li> <li>• ნივთიერების ფიზიკური თვისებები დამოკიდებულია მის შემადგენელ ნაწილაკებზე და სტრუქტურაზე;             <ul style="list-style-type: none"> <li>• ნივთიერების ფიზიკური თვისებები შეიძლება შეიცვალოს შიდა/გარე ფაქტორებით. ეს თვისებები და მათი ცვლილება ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომლებიც იზომება ცდის მეშვეობით.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>ენერგია</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ენერგია თერმოდინამიკური სისტემის მდგომარეობის ერთ - ერთი ძირითადი განმსაზღვრელია და ახასიათებს მის მიერ მუშაობის შესრულების უნარს;</li> </ul> <p><b>ძალა</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ნივთიერების შემადგენელ ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედება განსაზღვრავს ნივთიერების ფიზიკურ თვისებებს;</li> </ul> <p><b>ფიზიკური პროცესი</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ბუნებაში მიმდინარე თერმოდინამიკურ პროცესებს აქვს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი, რომელთა დაკავშირებაც შესაძლებელია ბუნების კანონების გამოყენებით.</li> </ul>	<p><b>მატერია</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რისგან შედგება ნივთიერება რაზეა დამოკიდებული მისი ფიზიკური თვისებები?</li> <li>• რა განაპირობებს ნივთიერების ფიზიკური თვისებების ცვლილებას და რით ვახასიათებთ ამ ცვლილებას?</li> </ul> <p><b>ენერგია</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რით ხასიათდება თერმოდინამიკური სისტემა?</li> </ul> <p><b>ძალა</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რა განსაზღვრავს ნივთიერების ფიზიკურ თვისებებს?</li> </ul> <p><b>ფიზიკური პროცესი</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• თერმოდინამიკის რომელი კანონებით აღიწერება ბუნებაში მიმდინარე პროცესები?</li> </ul>



თემატური მატრიცა	
თემა - ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები	საათების სავარაუდო რაოდენობა <b>(16+7) სთ</b>
თემატური მკვიდრი წარმოდგენები:	თემასთან დაკავშირებული საკვანძო შეკითხვები:
<p><b>მატერია</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ატომის თვისებები დამოკიდებული მის აღნაგობაზე და იგი შეიძლება შეიცვალოს შიდა/გარე ფაქტორებით.</li> </ul> <p><b>ენერგია</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ბირთვული რეაქტორის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია ატომის ბირთვული ენერგიის ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნასთან;</li> </ul> <p><b>ძალა</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>სინათლე ზედაპირზე დაცემისას მასზე წნევას აწარმოებს</li> </ul> <p><b>ფიზიკური პროცესი</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ბორის პოსტულატების მიხედვით, გამოსხივებული ფოტონის სიხშირე დამოკიდებული ატომის ენერგიის ცვლილების სიდიდეზე.</li> </ul>	<p><b>მატერია</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>რა განსაზღვრავს ატომის თვისებების ცვლილებების თავისებურებებს?</li> </ul> <p><b>ენერგია</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ენერგიის რა გარდაქმნები მიმდინარეობს ბირთვული რეაქტორის მუშაობისას და რა განაპირობებს ამ გარდაქმნებს?</li> </ul> <p><b>ძალა</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>რით არის განპირობებული სინათლის ზედაპირზე დაცემისას წნევის წარმოება?</li> </ul> <p><b>ფიზიკური პროცესი</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>რა განსაზღვრავს გამოსხივებული ფოტონის სიხშირეს?</li> </ul>

თემატური მატრიცა	
თემა - გეომეტრიული ოპტიკა	საათების სავარაუდო რაოდენობა <b>(15+4) სთ</b>
თემატური მკვიდრი წარმოდგენები:	თემასთან დაკავშირებული საკვანძო შეკითხვები:
<p><b>მატერია</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>გალაქტიკებისა და მისი შემადგენელი ობიექტების (შავი ხვრელების, თეთრი ჯუჯების, ნეიტრონული</li> </ul>	<p><b>მატერია</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p>

<p>ვარსკვლავების და ა.შ.) ფიზიკურ თვისებებს განსაზღვრავს მათი აღნაგობა;</p> <p><b>ენერგია</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ვარსკვლავების ნათება განპირობებულია ვარსკვლავებზე მიმდინარე თერმობირთვული რექციებით;</li> </ul> <p><b>ძალა</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ციური სხეულების განლაგებას და მოძრაობას განსაზღვრავს მათ შორის არსებული ურთიერთქმედება;</li> </ul> <p><b>ფიზიკური პროცესი</b> - მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ბუნებაში მიმდინარე კოსმოსურ მოვლენებს აქვს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი, რომელთა დაკავშირებაც შესაძლებელია ბუნების კანონების გამოყენებით.</li> </ul>	<p>რა განსაზღვრავს გალაქტიკების და სხვა ციური ობიექტების ფიზიკურ თვისებებს;</p> <p><b>ენერგია</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს: რა იწვევს ვარსკვლავების ნათებას?</p> <p><b>ძალა</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>რა განაპირობებს ციური ობიექტების მოძრაობას და მათ განლაგებას</li> </ul> <p><b>ფიზიკური პროცესი</b> - მოსწავლემ უნდა უპასუხოს კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>რა განსაზღვრავს კოსმოსური მოვლენების მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს?</li> </ul>
---	--

თემატური მატრიცა გრძელდება მე-12 კლასში შესასწავლი თემების ფარგლებში პროექტული სწავლების დავალებების რესურსების სახელწოდებების ჩამონათვალით, რომელსაც თან ახლავს შესაბამისი სამიზნე ცნებები, შესასწავლი საკითხები და საკვანძო შეკითხვები.

**ჩვენ მიერ შემოთავაზებული პროექტული სწავლების დავალებების რესურსები ფარავს თითოეული თემატური ერთეულისთვის ოთხივე გრძელვადიან მიზანს - სამიზნე ცნებებს და შედეგებს.**

	შუალედური სასწავლო მიზნები			
თემა	პროექტული დავალებები (დასახელება)	სამიზნე ცნებები	საკითხები	საკვანძო შეკითხვები
მოლეკულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა	1. კაპილარული მოვლენები	მატერია ენერგია ძალა ფიზიკური პროცესი	სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა, დამსველებელი და არადამსველებელი სითხეები, ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი, კაპილარული მოვლენები ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.	როგორ წარმოაჩენთ მოკლე რეფერატის საშუალებით რა საერთო აქვს სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის ძალას კაპილარულ მოვლენებთან და როგორ აიხსნება კაპილარში სითხის აწევა? დაწევა?

ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები	2. ჩრდილოეთის ციალი	მატერია ენერგია ძალა ფიზიკური პროცესი	რეზერვორდის ცდა, ატომის პლანეტარული მოდელი, ბორის პოსტულატები, წყალბადის ატომის ბორის თეორია, რადიოაქტივობა	როგორ წარმოაჩენთ თქვენ მიერ შექმნილი პოსტერის საშუალებით ატომის აგებულებას, ატომისა და სინათლის ურთიერთქმედებით გამოწვეულ პროცესებს და მათ კავშირს ჩრდილოეთის ცილის მოვლენასთან.
ასტროფიზიკის საწყისები	3. შავი ხვრელები	მატერია ენერგია ძალა ფიზიკური პროცესი	მზე, ვარსკვლავები; თეთრი ჯუჯები, ნეიტრონული ვარსკვლავები, პულსარები, შავი ხვრელები.	საკვანძო შეკითხვა - როგორ წარმოადგენთ პოსტერის გამოყენებით, რა განაპირობებს პულსარიდან გამოსხივების პულსაციას და რატომ არის შავი ხვრელი შავი?

❖ პროექტული სწავლების დავალებების ადგილი და როლი თემატურ მატერიაში

მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ პროექტული ტიპის დავალების განხორციელება უნდა დაიწყოს იმ სასწავლო საკითხების შესწავლის წინ, რაც წარმოდგენილია ამ დავალებაში და მოსწავლეს გაიყვანს თემის ფარგლებში დასამუშავებელ მკვიდრ წარმოდგენებზე. მცდარია ის აზრი, რომ სტანდარტით გათვალისწინებული საკითხები მასწავლებელმა უნდა გაიაროს ცალკე და როგორც ცოდნის შემაჯამებელი ინსტრუმენტი - პროექტული დავალება გამოიყენოს სასწავლო თემის დასასრულს. თუკი მოსწავლისთვის თემატური ერთეულის შესასწავლი საკითხების წარდგენა მოხდება პროექტული დავალების კონტექსტში, მას ეცოდინება რა ღირებულებითი დანიშნულება აქვს სახელმძღვანელოს და სხვა მრავალფეროვანი რესურსებით შექმნილ ცოდნას, სასწავლო პროცესი მისთვის უფრო საინტერესო და ხალისიანი გახდება.

პროექტული დავალების განხორციელების I ეტაპი ემსახურება დავალების პირობის გაცნობას. ასევე მნიშვნელოვანია მასწავლებლის მიერ მკაფიოდ იქნას განმარტებული, თუ რა ტიპის პროდუქტის შექმნა ევალება მოსწავლეს. ფიზიკაში პროდუქტი, შეიძლება იყოს კვლევის ანგარიში, პოსტერი, სტატია, რეკომენდაციები, ბუკლეტი, მოდელი და სხვა. პროექტული დავალების წარდგენის ეტაპზე ასევე მნიშვნელოვანია მოსწავლეს წარმოდგენა შეექმნას განსახორციელებელი დავალების ფარგლებში რისი შესწავლა მოუწევს, გამოიყენებს თუ არა

წინარე ცოდნას, რაც მას საკითხის ირგვლივ გააჩნია, მნიშვნელოვანია საორგანიზაციო საკითხებიც - ჯგუფური მუშაობა მოუწევს თუ ინდივიდუალურად?

ჯგუფური მუშაობის შემთხვევაში გათვალისწინებული უნდა იქნას თითოეული მოსწავლის ინტერესი ჯგუფის წევრებთან მუშაობის შესახებ, რათა სწავლის პროცესი მათთვის სასიამოვნო სასწავლო გარემოში წარიმართოს და ნაყოფიერი აღმოჩნდეს მათთვის. აქ გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ დაცული იყოს ყველა მოსწავლის ინტერესი. კერძოდ, არ აღმოჩნდეს კლასში ჯგუფისთვის ნაკლებად საინტერესო მოსწავლე. ასევე მნიშვნელოვანია თითოეული მოსწავლის შესაძლებლობების, მისი ძლიერი და სუსტი მხარის გათვალისწინება. ასევე გასათვალისწინებელია ჯგუფებში გენდერული ბალანსის შეძლებისდაგვარად დაცვა. შესაბამისად, მასწავლებელს მოუწევს პერიოდულად ჯგუფის დაკომპლექტების წესის ცვლილება.

მე-12 კლასში შესასწავლი თემატური ერთეულების ფარგლებში შექმნილი, ჩვენ მიერ წარმოდგენილი პროექტული დავალებების რესურსები ისეა შექმნილი, რომ შესასწავლი საკითხები თანმიმდევრობით მიჰყვება მოსწავლის სახელმძღვანელოს და დაკავშირებულია პარაგრაფებით მოწოდებულ რესურსებსა და აქტივობებთან.

დამხმარე კითხვები, რომლებიც მოსწავლის სახელმძღვანელოს შინაარსს ეფუძნება. კითხვები ისეა აგებული მარტივიდან რთულისკენ, რომ ხელი შეუწყოს შესასწავლი საკითხის ირგვლივ ცოდნის ნაბიჯ - ნაბიჯ აგებას. დავალებებშიც თავის მხრივ, ეტაპების და ნაბიჯების მიხედვით გაწერილი, შესაბამის რესურსებზე დაფუძნებული აქტივობები, გათვლილია მარტივიდან რთულისკენ მოსწავლის ცოდნის აგებაზე. რაც გულისხმობს ცოდნის აგების კონსტრუქტივისტული მიდგომას: დეკლარატიული → პროცედურული → პირობისეულ ცოდნის კატეგორიაზე გასვლას. ასე, რომ წარმოდგენილი რესურსების საშუალებით პროექტული დავალებების განხორციელება ხელს შეუწყობს ცოდნათა სხვადასხვა კატეგორიის მიღებას, მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას და სამიზნე ცნებების გააზრებას.

## პროექტული დავალებების რესურსები

წარმოგიდგინთ პროექტული ტიპის სწავლების დავალებებისთვის საჭირო რესურსებს:

### რესურსები პროექტული სწავლების ამოცანისთვის

#### შუალედური მიზანი # 1

#### კაპილარული მოვლენები

**თემა:** მოლეკულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა.

**საკითხები:** სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა, დამსველებელი და არადამსველებელი სითხეები, ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი, კაპილარული მოვლენები ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.

#### ა) კონტექსტ-მაგალითი, რომლითაც ხდება ძირითადი საკითხის/საკითხების დამუშავება;

დადგენილია, რომ ადამიანის ორგანიზმში კაპილარების სიგრძე 100 000 კმ-ია. ეს მანძილი 2,5-ჯერ დიდია, ვიდრე დედამიწის გარშემოწერილობა ეკვატორის გასწვრივ. კაპილარული მილებით დაქსელილია მთელი ცოცხალი სისტემა. კაპილარების ქსელი ორგანიზმის სისხლმომარაგების ერთ-ერთი ძირითადი საშუალებაა. მიუხედავად იმისა, რომ ადამიანის ორგანიზმში სისხლის მიმოქცევას გულის პერიოდული შეკუმშვით განპირობებული სისხლის წნევა უზრუნველყოფს, მისი როლი კაპილარულ სისხლძარღვებში უმნიშვნელოა. სისხლის მოძრაობას ორგანიზმში ძირითადად კაპილარული მოვლენები განსაზღვრავს.

<https://www.youtube.com/watch?v=mwWIsR70bHw>

რა საერთო აქვს სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის ძალას კაპილარულ მოვლენებთან და როგორ აიხსნება კაპილარში სითხის აწევა? დაწევა?

#### ბ) რიდერი დასამუშავებელი/ძირითადი საკითხის/საკითხების შესახებ, რომელიც წარმოადგენს თეორიულ მასალას (რიდერად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მოქმედი/ძველი სახელმძღვანელოებიდან ამონარიდები)

- ფიზიკა XII კლ, მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია, თემურ შენგელია, ოთარ ღონდაძე, გამომცემლობა საქართველოს მაცნე, 2024 წ, გვ. 87-95 § 1.20 ,§ 1.21

#### გ) პროექტული დავალების პირობა თავისი განმავითარებელი შეფასების რუბრიკით (იგულისხმება კრიტერიუმები ქულის ქვეშ: ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე...);

თქვენი დავალებაა, შექმნათ მოკლე რეფერატი და მასში ხაზგასმით წარმოაჩინოთ რა საერთო აქვს სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის ძალას კაპილარულ მოვლენებთან და როგორ აიხსნება კაპილარში სითხის აწევა? დაწევა?

#### ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

1. რატომ „ცდილობს“ სითხე თავისუფალი ზედაპირის შემცირებას და რა განპირობებს სხვადასხვა სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის განსხვავებულ მნიშვნელობას? (მატერია 1.2. 3, ძალა.1.2)

2. რა განაპირობებს კაპილარულ მილში სითხის აწევას ან დაწევას და როგორ დააკავშირებთ ამ მოვლენას სითხის დასველება-არდასველებასთან? როგორ გამოითვლება აწეული ან დაწეული სითხის სიმაღლე? (მატერიალ 1.2.3, ფიზიკური პროცესი 1.2)
3. როგორ აიხსნება დასველება-არდასველების მოვლენები ენერგეტიკულად და კაპილარული მოვლენების რა მაგალითებს მოიყვანდით ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნებიდან? (ენერგია 1.2.3, ფიზიკური პროცესი 1.2)

**დ) რესურსი მასწავლებლისთვის - მიმართულების მიმცემი, დამაკვლიანებელი შეკითხვები, თუ როგორ დამუშავდეს კონტექსტ-მაგალითი და როგორ დაუკავშირდეს რიდერის სახით მოცემულ მასალას და როგორ გააქტიურდეს განმავითარებელი შეფასების კრიტერიუმი**

### რესურსი მასწავლებლისთვის:

მოსწავლეები ეცნობიან ვიდეორგოლს **რესურსი 1** - ადამიანის სისხლის მიმოქცევის სისტემის 3D ანიმაცია:

<https://www.youtube.com/watch?v=mwWIsR70bHw>

და მსჯელობენ, თუ რა განაპირობებს ადამიანის გულ-სისხლძარღვთა სისტემაში სისხლის მიმოქცევას, ახდენენ ცოდნის ტრანსფერს ბიოლოგიიდან. მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს გაიხსენონ, რა ფიზიკურ კანონზომიერებას შეიძლება ემორჩილებოდეს აღნიშნული მოვლენა. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს მოკლე რეფერატის ნიმუშს:

- **რესურსი 2.** მოკლე რეფერატის ნიმუში: [https://drive.google.com/file/d/1WDrnAxTpic91E3iO0CUoy1U-Uli\\_mEp/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1WDrnAxTpic91E3iO0CUoy1U-Uli_mEp/view?usp=share_link)

### კითხვები კაპილარებში სისხლის მიმოქცევასთან დაკავშირებით:

- გულის პერიოდული შეკუმშვა უზრუნველყოფს თუ არა ადამიანის ორგანიზმის მთლიან კაპილარულ სისტემაში სისხლის მიმოქცევას?
- გულის პერიოდული შეკუმშვის შედეგად წარმოშობილი წნევის გარდა, რა მოვლენა უდევს საფუძვლად ადამიანის გულ-სისხლძარღვთა სისტემაში სისხლის მიმოქცევას?

### კითხვები მოკლე რეფერატის შესახებ:

- შეგიქმნიათ თუ არა მოკლე რეფერატი?
- რა უნდა ვიცოდეთ რეფერატის შესაქმნელად?
- რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევთ რეფერატის შექმნისას?
- როგორ ასახავთ მოკლე რეფერატში თქვენ მიერ მოძიებულ ინფორმაციას?
- როგორ შეამოწმებთ ინფორმაციის სანდოობას?

### კითხვები პროექტის შესახებ

- თქვენი სიტყვებით ჩამოაყალიბეთ, რას შეეხება დღეს მოცემული დავალება, რომელზეც რამდენიმე გაკვეთილის განმავლობაში უნდა იმუშაოთ? მსგავსი ფორმის, ან შინაარსის დავალება სხვა დროს თუ შეგისრულებია?
- რა საკითხების დამუშავება და რა ინფორმაციის მოძიება მოგიწევთ ამ სამუშაოს შესასრულებლად?
- როგორ წარუდგენთ თანაკლასელებს თქვენს მიერ ჩატარებული სამუშაოს შედეგებს?



## საკითხავი მასალის დამუშავების შემდეგ მოსწავლეები უპასუხებენ კითხვებს:

1. რატომ „ცდილობს“ სითხე თავისუფალი ზედაპირის შემცირებას და რა განაპირობებს სხვადასხვა სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის განსხვავებულ მნიშვნელობას? (მატერია 1.2. 3, ძალა.1.2)

- რა განსხვავებაა სითხის და აირის მოლეკულების განლაგებას შორის?
- ერთნაირია თუ არა სითხის სიღრმეში მოთავსებულ მოლეკულაზე და სითხის ზედაპირზე მოთავსებულ მოლეკულაზე გარემომცველი მოლეკულების მხრიდან მოქმედი ძალების ტოლქმედი?
- რას ეწოდება ზედაპირული დაჭიმულობის ძალა?
- ერთი და იგივე მოცულობის მქონე ფიგურებიდან რომელ ფიგურას გააჩნია ყველაზე მცირე ზედაპირის ფართობი?
- რატომ „ცდილობს“ სითხე თავისუფალი ზედაპირის შემცირებას?
- როგორ ახსნით სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის დამოკიდებულებას ორი მოსაზღვრე გარემოს თვისებებსა და ტემპერატურაზე?

2. რა განაპირობებს კაპილარულ მილში სითხის აწევას ან დაწევას და როგორ დააკავშირებთ ამ მოვლენას სითხის დასველება-არდასველებასთან? როგორ გამოითვლება აწეული ან დაწეული სითხის სიმაღლე? (მატერია 1.2.3, ფიზიკური პროცესი 1.2)

- სითხისა და მყარი სხეული მოლეკულების ურთიერთქმედებაზე დაფუძნებით ახსენით დასველება-არდასველების მოვლენა;
- როგორი ფორმა აქვს მინის სინჯარაში ჩასხმულ დამსველებელი სითხის ზედაპირს, ჩაზნექილი თუ ამოზნექილი? არადამსველებელ სითხეს?
- რატომ არ „სველდება“ ბატი?
- რა პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს დასველება-არდასველების მოვლენას ბუნებასა და ტექნიკაში? მოიყვანეთ მაგალითები;
- რას ეწოდება კაპილარული მოვლენები?
- რაზეა დამოკიდებული დამსველებელი(არადამსველებელი) სითხის აწევის(დაწევის) სიმაღლე?

3. როგორ აიხსნება დასველება-არდასველების მოვლენები ენერგეტიკულად და კაპილარული მოვლენების რა მაგალითებს მოიყვანდით ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნებიდან? (ენერგია 1.2.3, ფიზიკური პროცესი 1.2)

- გაითვალისწინეთ პაულის ცნობილი პრინციპი: სხეული, ან სხეულთა სისტემა მიისწრაფის მდგომარეობისკენ, რომელსაც შეესაბამება უმცირესი პოტენციალური ენერგია და ახსენით დასველების მოვლენა; არდასველების მოვლენა;
- რატომ იკუმშება სითხე რთულად?
- რატომ „დააბიჯებს“ კოლო თავისუფლად წყლის ზედაპირზე?
- ვარდის ყვავილი წვიმის შემდეგ მშრალად გამოიყურება, ან მხოლოდ რამდენიმე წვეთია მასზე, რატომ?
- რატომ ეკვრის სველი ქაღალდის ფურცლები ერთმანეთს?
- რა ფიზიკურ კანონზომიერებას ექვემდებარება ადამიანის კაპილარებში სისხლის მოძრაობა?
- მოიყვანეთ კაპილარული მოვლენების პრაქტიკული გამოყენების მაგალითები.

## რესურსები პროექტული სწავლების ამოცანისთვის

### შუალედური მიზანი # 2

#### ჩრდილოეთის ციალი

**თემა:** ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები

**საკითხები:** რეზერვორდის ცდა, ატომის პლანეტარული მოდელი, ბორის პოსტულატები, წყალბადის ატომის ბორის თეორია.

#### ა) კონტექსტ-მაგალითი, რომლითაც ხდება ძირითადი საკითხის/საკითხების დამუშავება;

პოლარული ნათება, იგივე ჩრდილოეთის ციალი (Aurora borealis), რომელიც მომაჯადოებელ მოცეკვავე სინათლის ტალღებს წარმოადგენს, საუკუნეების განმავლობაში ადამიანების ინტერესს იწვევდა. მას ბევრი კლასიკოსი ფილოსოფოსი, მწერალი და ასტრონომი, მათ შორის არისტოტელე, დეკარტე, გოეთე და ჰალეი თავიანთ შრომებში აღწერს. ამ საოცარი სილამაზის სინათლის შოუს სახელი "ჩრდილოეთის ნათება" იტალიელმა ასტრონომმა გალილეო გალილემ ცისკრის რომაული ქალღმერთის - ავრორასა და ჩრდილოეთის ქარის ბერძნული ღმერთის - ბორეასის პატივსაცემად 1619 წელს დაარქვა, თუმცა საფრანგეთში აღმოჩენილი გამოქვაბულის ნახატები, რომელიც ამ ულამაზეს მოვლენის ასახავს, 30 000 წლით ადრე თარიღდება.

რა არის პოლარული ნათება და რა იწვევს მას? ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლის წყაროს მზე წარმოადგენს და ეს უჩვეულო მოვლენაც სწორედ მზეს უკავშირდება. მზიდან პლაზმის დამუხტული ნაწილაკები თავის დაღწევას ახერხებენ და კოსმოსის გავლით დედამიწისკენ უზარმაზარი სიჩქარით (72 მილიონი კილომეტრი საათში) მოემართებიან. დედამიწის მაგნიტური ველი ამ ნაწილაკებს პოლუსებისკენ მიმართავს და დრამატული პროცესი გადაიქცევა კინემატოგრაფიულ ატმოსფერულ მოვლენად, რომელიც აოცებს და ხიბლავს როგორც მკვლევარებს, მეცნიერებს, ასევე ჩვეულებრივ დამკვირვებლებს.

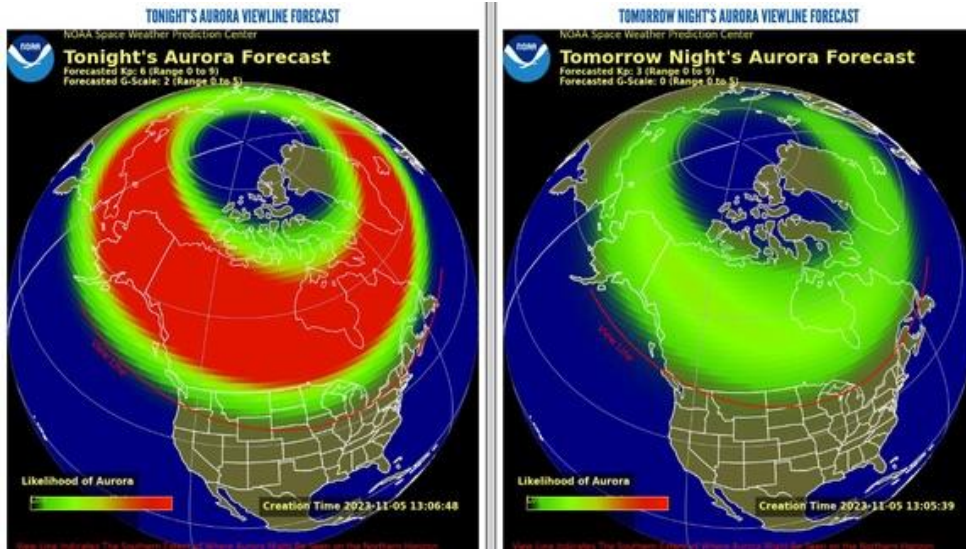
#### ბ) რიდერი დასამუშავებელი/ძირითადი საკითხის/საკითხების შესახებ, რომელიც წარმოადგენს თეორიულ მასალას (რიდერად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მოქმედი/ძველი სახელმძღვანელოებიდან ამონარიდები)

- ფიზიკა XII კლ, მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია, თემურ შენგელია, ოთარ ღონღაძე, გამომცემლობა საქართველოს მაცნე, 2024 წ, გვ.119- 126, § 2.5, § 2.6.
- სტატია - პოლარული ნათება:  
<https://education.nationalgeographic.org/resource/aurora/>

#### გ) პროექტული დავალების პირობა თავისი განმავითარებელი შეფასების რუბრიკით (იგულისხმება კრიტერიუმები ქუდის ქვეშ: ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე...);

2023 წლის 5 ნოემბრის საღამოს საქართველოს მოსახლეობა ძალზე იშვიათი და ულამაზესი სანახაობის მოწმე გახდა - ცის ჰორიზონტი წითლად განათდა. ეს მოვლენა განსაკუთრებულად კაშკაშა და ლამაზი იყო მაღალმთიანი რეგიონის მოსახლეობისთვის. მოქალაქეებმა „ავრორის“ ფოტოები გამოაქვეყნეს რაჭიდან და სვანეთიდან. ამ უნიკალური მოვლენის მიზეზი მზეზე 3 ნოემბერს ძლიერი აფეთქება გახდა. მან დედამიწაზე 5 ნოემბერს მოაღწია, თუმცა მოვლენის ეფექტები 6 ნოემბერსაც შეიმჩნეოდა.





ნახ. 1. ჩრდილოეთის ციალის სურათი 24 საათიანი ინტერვალით.

რა არის ჩრდილოეთის ციალი? მზისგან წამოსული ნაწილაკებს მილიონობით კილომეტრის გავლა შეუძლია, რომელთაგან ზოგი დედამიწამდეც აღწევს. შემდეგ ისინი ჩვენი პლანეტის მაგნიტური ველის მეშვეობით პოლარული რეგიონისკენ მიემართება. ეს ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ ატმოსფეროს ფენებთან, რასაც თან ახლავს ნათება. ეს ნაწილაკები იმისდა მიხედვით, ატმოსფეროს ფენებში რომელი ნივთიერების მოლეკულასთან ურთიერთქმედებენ და ატმოსფეროს რომელ ნაწილში, გამოსხივებული სინათლის ტალღის სიგრძე სხვადასხვაა. როგორც წესი, ჟანგბადი მწვანე შუქს წარმოქმნის, ხოლო აზოტი — წითელს.

მართალია, ჩრდილოეთის ციალი ჩვეულებრივ, დედამიწის მაგნიტური ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსებიდან ჩანს, თუმცა მზის ქარიდან შემოსული ენერჯის მიხედვით, ავრორას აქტივობის ოვალი ფართოვდება ან იკუმშება. სწორედ ამ ფაქტს უკავშირდება ის, რომ ჩრდილოეთის ციალი 2023 წლის ნოემბერში ისეთ ადგილებშიც გამოჩნდა, სადაც ჩვეულებრივ, არ გვხვდება. მათ შორის იყო საქართველოც.

მომზადე პოსტერი, რომელშიც წარმოაჩენ ატომის აგებულებას, ატომისა და სინათლის ურთიერთქმედებით გამოწვეულ პროცესებს და მათ კავშირს ჩრდილოეთის ციალის მოვლენასთან.

**ნაშრომის პრეზენტაციისას თვალნათლივ წარმოაჩინეთ:**

- რა წარმოდგენები არსებობდა სხვადასხვა პერიოდში ატომის აგებულების შესახებ? რაში მდგომარეობს რეზერფორდის ცდა? რეზერფორდის ცდის მიხედვით, როგორ ახსნით ატომის პლანეტარულ მოდელს? (მატერია 1,2,3) (ძალა 1,2)
- რატომ ეწინააღმდეგება ატომის პლანეტარული მოდელი კლასიკურ ფიზიკას და როგორ გადაიჭრა ეს წინააღმდეგობა ბორის პოსტულატების საშუალებით. (ფიზ. პროც.1.2)
- როგორ აღიწერება ბორის პოსტულატების მეშვეობით ატომის გამოსხივების სპექტრი და როგორ დაუკავშირებთ ამ ცოდნას ჩრდილოეთის ციალის მოვლენას? (ენერჯია 1,2,3)

დ) რესურსი მასწავლებლისთვის - მიმართულების მიმცემი, დამაკვალიანებელი შეკითხვები, თუ როგორ დამუშავდეს კონტექსტ-მაგალითი და როგორ დაუკავშირდეს რიდერის სახით მოცემულ მასალას და როგორ გააქტიურდეს განმავითარებელი შეფასების კრიტერიუმში

## რესურსი მასწავლებლისთვის:

მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს, გაეცნენ ვიდეორგოლებს:

- ვიდეორგოლი - კოსმოსიდან პოლარული ნათება:  
<https://www.youtube.com/watch?v=GcT95jmOOiI>
- ვიდეორგოლი - პოლარული ნათება  
<https://www.youtube.com/watch?v=HIfy8acFaOg>

და გამოთქვამენ ვარაუდს, რომელ ფიზიკურ მექანიზმზეა დაფუძნებული პოლარული ნათების მექანიზმი.

სტატიები პოსტერის შექმნის შესახებ:

- <https://www.living-democracy.com/ge/textbooks/volume-2/students-manual-10/tool-2/toolbox-6/>
- <http://mastsavlebeli.ge/?p=7931>
- [რთვით შექმნათ პოსტერი?](#)

მოსწავლეები მსჯელობენ პოსტერზე ინფორმაციის სავარაუდო განლაგების შესახებ.

## კითხვები ნივთიერების შედგენილობის შესახებ:

- როგორი აღნაგობა აქვს ატომს?
- როგორ მოძრაობს ელექტრონი ბირთვის გარშემო?
- რა არის ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივების წყარო და რატომ არ ეცემა ელექტრონი ბირთვის, თუ ატომი ენერგიას ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივებაზე კარგავს?
- რა კავშირია გამოსხივებასა და ნივთიერების შედგენილობას შორის?

## კითხვები პოსტერის შესახებ

- შეგიქმნიათ თუ არა პოსტერი?
- რა უნდა ვიცოდეთ პოსტერის შესაქმნელად?
- რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევთ პოსტერის შესაქმნელად?
- როგორ ავსახავთ პოსტერში თქვენი ამოცანის ამოხსნის შესაბამის სქემატურ ნახაზებს?

## კითხვები პროექტის შესახებ

- თქვენი სიტყვებით ჩამოაყალიბეთ, რას შეეხება დღეს მოცემული დავალება, რომელზეც რამდენიმე გაკვეთილის განმავლობაში უნდა იმუშაოთ? მსგავსი ფორმის, ან შინაარსის დავალება სხვა დროს თუ შეგისრულებია?
- რა საკითხების დამუშავება და რა ინფორმაციის მოძიება მოგიწევთ ამ სამუშაოს შესასრულებლად?
- როგორ წარუდგენთ თანაკლასელებს თქვენს მიერ ჩატარებული სამუშაოს შედეგებს?

## საკითხავი მასალის დამუშავების შემდეგ მოსწავლეები უპასუხებენ კითხვებს:

1. რა წარმოდგენები არსებობდა სხვადასხვა პერიოდში ატომის აგებულების შესახებ? რაში მდგომარეობს რეზერფორდის ცდა და ამ ცდის მიხედვით, როგორ ახსნით ატომის პლანეტარულ მოდელს? (მატერია 1.2.3, ძალა 1,2)

- როგორია ატომის აგებულების ტომსონისეული მოდელი?
- აღწერეთ იაპონელი მეცნიერის ხანტარო ნაგაოკამას მიხედვით ატომის ე.წ. „სატურნის მოდელი“?
- დაახასიათეთ რეზერფორდის ცდისთვის საჭირო მოწყობილობა;
- რატომ აირჩია რეზერფორდმა ატომების ბომბარდირებისათვის  $\alpha$  ნაწილაკები?
- დაახლოებით რამდენი თანრიგითაა ნაკლები ატომის ბირთვის ზომა ატომის ზომაზე?
- შეიძლება თუ არა რეზერფორდის ცდის შედეგი აიხსნას ტომსონისეული მეთოდით? რატომ?

- აღწერეთ რეზერვორდის მიერ ჩატარებული ცდა ატომის აღნაგობის შესახებ;
- რატომ იყო დარწმუნებული რეზერვორდი, რომ ელექტრონებს ალფა- ნაწილაკების ტრაექტორიის შეცვლა არ შეუძლიათ?
- რატომ გაიბნევა რეზერვორდის ცდაში ალფა- ნაწილაკების უმეტესობა ძალიან უმნიშვნელოდ ან თითქმის არ გაიბნევა?
- რატომ დაერქვა ატომის რეზერვორდისეულ მოდელს პლანეტარული მოდელი?
- ჩამოაყალიბეთ ატომის პლანეტარული მოდელის არსი;

3. რატომ არის პლანეტარული სტრუქტურის მქონე ატომი არამდგრადი კლასიკური ფიზიკის და ელექტროდინამიკის კანონებიდან გამომდინარე და როგორ მოხერხდა ბორის პოსტულატებით ატომის მდგრადი სისტემის ახსნა? **(ფიზ. პროც.1.2)**

- რა სახის მოძრაობას ასრულებენ ელექტრონები ბირთვის გარშემო მოძრაობისას ატომის პლანეტარული მოდელის მიხედვით?
- მაქსველის კლასიკურ ელექტროდინამიკის მიხედვით, ბირთვის გარშემო მოძრაობისას ელექტრონების ენერჯის გამოსხივებას თუ შთანთქმას აქვს ადგილი?
- რა ანალოგიის გატარება შეიძლება ელექტრონების ბირთვის გარშემო მოძრაობის და თანამგზავრის ატმოსფეროს ზედა ფენებში ელექტრონების დედამიწასთან მოახლოებისას დამუხრუჭებით მოძრაობას შორის?
- რა წინააღმდეგობა შეიქმნა მაქსველის კლასიკურ ელექტროდინამიკასა და ატომის პლანეტარულ მოდელს შორის?
- როგორ ახსნა დანიელმა მეცნიერმა ნილს ბორმა ატომის მდგრადობის მიზეზი ატომის პლანეტარული მოდელის გათვალისწინებით?

4. როგორ აღიწერება ბორის პოსტულატების მეშვეობით ატომის გამოსხივების სპექტრი და როგორ ვახერხებთ ამ ცოდნით სხვადასხვა სხეულის შემადგენელი ქიმიური ელემენტების იდენტიფიცირებას.**(ენერჯია 1,2,3)**

- ვის იდეებს დაეყრდნო ნილს ბორი ცნობილი პოსტულატების შემუშავებისას?
- ნილს ბორის მიხედვით, ატომბირთვის გარშემო აჩქარებულად მოძრავი ელექტრონი მუდმივად ასხივებს თუ არა ელექტრომაგნიტურ ტალღას?
- ასხივებს თუ არა ატომი სტაციონალურ მდგომარეობაში?
- როდის ასხივებს ატომი ელექტრომაგნიტური ენერჯის კვანტს და რის ტოლია იგი?
- როდის შთანთქავს ატომი ელექტრომაგნიტური ენერჯის კვანტს და რის ტოლია იგი?
- რა დროის განმავლობაში შეიძლება იმყოფებოდეს ატომი ძირითად მდგომარეობაში? აღზნებულ მდგომარეობაში?
- რატომაა წყალბადის ატომში ელექტრონის ბმის ენერჯია უარყოფითი?
- როგორ არის დაკავშირებული გამოსხივებული ატომის სპექტრი ატომის აგებულებასთან?
- რას ნიშნავს სპექტრული ანალიზი?
- რატომ არის რთული სპექტრის მიხედვით ნივთიერების შედგენილობის რაოდენობრივი ანალიზი?
- რომელი ქიმიური ელემენტი იქნა აღმოჩენილი სპექტრული ანალიზის მიხედვით?
- რას ნიშნავს ქართულად „ჰელიუმი“ და როგორ უკავშირდება ეს სახელი მის აღმოჩენას?
- როგორ ხორციელდება ორგანული ნარევების ანალიზი?
- რას ნიშნავს შთანთქმის ხაზი და როგორ გამოიყენება შთანთქმის სპექტრი ციური სხეულების შედგენილობის გამოკვლევისას?

## რესურსები პროექტული სწავლების ამოცანებისთვის

### შუალედური მიზანი #3

#### შავი ხვრელები

**თემა:** ასტროფიზიკის საწყისები

**საკითხები:** ვარსკვლავები, თეთრი ჯუჯები, ნეიტრონული ვარსკვლავები, პულსარები, შავი ხვრელები.

#### ა) კონტექსტ-მაგალითი, რომლითაც ხდება ძირითადი საკითხის/საკითხების დამუშავება:

2016 წლის 11 თებერვალს მასაჩუსეტის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტს (MIT) და კალიფორნიის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტს (CALTECH) ბაზაზე შექმნილმა გრავიტაციული ტალღების შემსწავლელმა კვლევითმა ცენტრმა LIGO-მ (Laser Interferometry Gravitational Waves Observatory), გრავიტაციული ტალღების ობსერვატორიის ლაზერული ინტერფერომეტრი განაცხადა, რომ 2015 წლის სექტემბერში მან პირდაპირი დაკვირვებით აღმოაჩინა გრავიტაციული ტალღები, რომლის წყაროს ერთმანეთის მიმართ და ერთმანეთისკენ სპირალურ ტრაექტორიაზე მბრუნავი და შერწყმული შავი ხვრელის ბინარული სისტემა წარმოადგენდა. იგი დედამიწიდან 400 მეგაპარსეკის (1.3 მილიარდი სინათლის წელიწადი) მანძილზე მდებარეობდა. შერწყმის ამ მოვლენას მიენიჭა სახელი - GW150914.

რა არის გრავიტაციული ტალღა? გრავიტაციული ტალღების არსებობის იდეა თავდაპირველად, ფრანგ მეცნიერს ჟიულ ანრი პუანკარეს გაუჩნდა 1905 წელს, ხოლო ამ ტალღების არსებობა თავის თეორიაშიპირველად 1916 წელს ა. აინშტაინმა აჩვენა. აინშტაინის თანახმად, გრავიტაციულ ტალღები ელექტრომაგნიტური ტალღების მსგავსად სინათლის სიჩქარით ვრცელდება, თუმცა ელექტროენერჯის გამოსხივების ნაცვლად გრავიტაციულ ტალღებს გრავიტაციული ენერჯის გამოსხივება გადააქვს. ა. აინშტაინის თეორიის მიხედვით გრავიტაცია სივრცის სიმრუდის შედეგია. მასიური სხეული იწვევს სივრცის გამრუდებას მის მახლობლობაში. რაც უფრო დიდია სხეულის მასა სივრცის მოცემულ არეში, მით მეტია სივრცის სიმრუდე. როდესაც სხეული მოძრაობს სივრცეში, სიმრუდე მოძრაობს მასთან ერთად, ასახავს რა სხეული მდებარეობის ცვლილებას. გარკვეულ შემთხვევებში სხეულის აჩქარებული მოძრაობა სივრცის სიმრუდის ცვლილებას იწვევს და ეს ცვლილება ვრცელდება ტალღის სახით სინათლის სიჩქარით. სწორედ ამ მოვლენას უწოდებენ გრავიტაციულ ტალღას. ზოგადად გრავიტაციული ტალღები შეიძლება გამოასხივოს ჩვენ გარშემო აჩქარებით მოძრაობა (მათ შორის მბრუნავმა) სხეულებმა, მაგრამ, სამწუხაროდ, იმდენად მცირეა მათ მიერ გამოსხივებული ენერჯია, რომ შეუძლებელია ტალღის დამზერა. ამიტომაც მეცნიერების დაკვირვების ობიექტები არის ციური სხეულები (რომელთაც უზარმაზარი მასა გააჩნიათ) და მათი მოძრაობა. ისეთ სხეულებს, როგორც არის შავი ხვრელი, ნეიტრონული ვარსკვლავი, ვარსკვლავი მისი არსებობის ბოლო სტადიაში, ახასიათებთ ძალიან დიდი ცვლადი აჩქარება და უზარმაზარი ენერჯის გამოსხივება

ამერიკელი მეცნიერების ექსპერიმენტების ანალიზმა აჩვენა, რომ მიღებული გრავიტაციული ტალღის სურათი დიდი სიზუსტით ემთხვევა ა. აინშტაინის მიერ ნაწინასწარმეტყველები გრავიტაციული ტალღის სურათს. ანალიზმა ასევე აჩვენა, რომ გრავიტაციული ტალღა წარმოიქმნა ორი ერთმანეთის მიმართ სპირალურად და ერთმანეთისკენ დიდი აჩქარებით მოძრაობა შავი ხვრელის შერწყმის შედეგად. თითოეული ხვრელის მასა დაახლოებით 30-ჯერ მეტი იყო მზის მასაზე, ხოლო მათი შერწყმით წარმოქმნილი შავი ხვრელის მასა დაახლოებით 60 მზის მასის ტოლია. ეს შერწყმა კი, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მოხდა დედამიწიდან 1.3 მილიონი სინათლის წელიწადის მანძილზე წამის ძალიან მცირე მონაკვეთის განმავლობაში. შეფასების თანახმად, გამოსხივებული სიმძლავრის მაქსიმუმი დაახლოებით 50-ჯერ მეტია,



ვიდრე დამზერადი ვარსკვლავების სიმძლავრე ერთად აღებული. ეს ენერგია გამოსხივდა, როგორც აფეთქება შავი ხვრელების შერწყმის ბოლო სტადიაზე.  
ბრაიან გრინი გრავიტაციული ტალღების აღმოჩენის შესახებ:  
[https://www.youtube.com/watch?v=s06\\_jRK939I](https://www.youtube.com/watch?v=s06_jRK939I)

**ბ) რიდერი დასამუშავებელი/ძირითადი საკითხის/საკითხების შესახებ, რომელიც წარმოადგენს თეორიულ მასალას.**

- ფიზიკა XII კლ, მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია, თემურ შენგელია, ოთარ ღონდაძე, გამომცემლობა საქართველოს მაცნე, 2024 წ, გვ. 179 – 187, § 3.6 - § 3.8
- სტატია, გრავიტაციული ტალღები და მათი აღმოჩენა:  
<https://mastsavlebeli.ge/wp-content/uploads/2016/06/%E1%83%92%E1%83%A0%E1%83%90%E1%83%95%E1%83%98%E1%83%A2%E1%83%90%E1%83%AA%E1%83%98%E1%83%A3%E1%83%9A%E1%83%98-%E1%83%A2%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%A6%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98.pdf>

**გ) პროექტული დავალების პირობა თავისი განმავითარებელი შეფასების რუბრიკით (იგულისხმება კრიტერიუმები ქულის ქვეშ: ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე...);**

თქვენი დავალებაა, შექმნათ მოკლე რეფერატი და მასში ხაზგასმით წარმოაჩინოთ რა განაპირობებს პულსარიდან გამოსხივების პულსაციას და რატომ არის შავი ხვრელი შავი?

**ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:**

4. რას წარმოადგენს პულსარი და რატომ პულსირებს პულსარიდან მიღებული გამოსხივება დედამიწაზე? (მატერია 1.2. 3, ფიზიკური პროცესი.1.2)
5. სიცოცხლის რა ეტაპებს გადის ვარსკვლავი და რატომ ჰქვია შავ ხვრელს „შავი“? (ენერგია 1.2.3, ძალა 1.2)

**დ) რესურსი მასწავლებლისთვის - მიმართულების მიმცემი, დამაკვალიანებელი შეკითხვები, თუ როგორ დამუშავდეს კონტექსტ-მაგალითი და როგორ დაუკავშირდეს რიდერის სახით მოცემულ მასალას და როგორ გააქტიურდეს განმავითარებელი შეფასების კრიტერიუმი**

**რესურსი მასწავლებლისთვის:**

მოსწავლეები ეცნობიან ვიდეორგოლს რესურსი 1 – ბრაიან კოქსი: თუ როგორ შეუძლია შავს ხვრელს ჩვენი სამყაროს საიდუმლოებების ამოხსნა:

<https://www.youtube.com/watch?v=pGsbEd6w7PI>

მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს გაიხსენონ, მსოფლიო მიზიდულობის კანონი და იმსჯელონ რა ვიდეორგოლში განხილულ მოვლენებზე.

მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს მოკლე რეფერატის ნიმუშს:

- რესურსი 2. მოკლე რეფერატის ნიმუში:  
[https://drive.google.com/file/d/1WDrnAxTlpic91E3iO0CUoy1U-Uli\\_mEp/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1WDrnAxTlpic91E3iO0CUoy1U-Uli_mEp/view?usp=share_link)

**კითხვები პულსარის და შავი ხვრელის შესახებ:**

- გსმენიათ თუ არა პულსარის ან შავი ხვრელის შესახებ?
- როგორ დაუკავშირებთ გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას შავი ხვრელის ფენომენს?

### კითხვები მოკლე რეფერატის შესახებ:

- შეგიქმნიათ თუ არა მოკლე რეფერატი?
- რა უნდა ვიცოდეთ რეფერატის შესაქმნელად?
- რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევთ რეფერატის შექმნისას?
- როგორ ასახავთ მოკლე რეფერატში თქვენ მიერ მოძიებულ ინფორმაციას?
- როგორ შეამოწმებთ ინფორმაციის სანდოობას?

### კითხვები პროექტის შესახებ

- თქვენი სიტყვებით ჩამოაყალიბეთ, რას შეეხება დღეს მოცემული დავალება, რომელზეც რამდენიმე გაკვეთილის განმავლობაში უნდა იმუშაოთ? მსგავსი ფორმის, ან შინაარსის დავალება სხვა დროს თუ შეგისრულებია?
- რა საკითხების დამუშავება და რა ინფორმაციის მოძიება მოგიწევთ ამ სამუშაოს შესასრულებლად?
- როგორ წარუდგენთ თანაკლასელებს თქვენს მიერ ჩატარებული სამუშაოს შედეგებს?

### საკითხავი მასალის დამუშავების შემდეგ მოსწავლეები უპასუხებენ კითხვებს:

#### 4. რას წარმოადგენს პულსარი და რატომ პულსირებს პულსარიდან მიღებული გამოსხივება დედამიწაზე? (მატერია 1.2.3, ფიზიკური პროცესი.1.2)

- როდის აღმოაჩინეს პულსარები და რატომ უწოდეს მათ ეს სახელი?
- რას წარმოადგენს ნეიტრონული ვარსკვლავი?
- რატომ ასხივებენ ნეიტრონული ვარსკვლავები?
- ნეიტრონული ვარსკვლავების რომელ არემია განსაკუთრებით მძლავრი გამოსხივება?
- რა იწვევს ნეიტრონული ვარსკვლავის გამოსხივების ნაკადის პერიოდულობას?
- რაზე დამოკიდებული ნეიტრონული ვარსკვლავის გამოსხივების დიაპაზონი?

#### 5. სიცოცხლის რა ეტაპებს გადის ვარსკვლავი და რატომ ჰქვია შავ ხვრელს „შავი“? (ენერგია 1.2.3, ძალა 1.2)

- რას ნიშნავს პროტოვარსკვლავი?
- ენერგიის რა სახის გარდაქმნას აქვს ადგილი თერმობირთვული სინთეზის პროცესში ვარსკვლავზე?
- ვინ იწინასწარმეტყველა თავდაპირველად უჩვეულო ობიექტის - შავი ხვრელის არსებობა?
- გაიხსენეთ, რას ნიშნავს პირველი კოსმოსური სიჩქარე? მეორე კოსმოსური სიჩქარე?
- რა პირობა უნდა შესრულდეს იმისთვის, რომ მეორე კოსმოსური სიჩქარე სინათლის სიჩქარის ტოლი იყოს?
- რა მოხდება თუ ამ დროს ციური ობიექტის რადიუსი უფრო მცირე იქნება?
- რატომ დაარქვეს შავ ხვრელს „შავი“?
- რა პირობებში წარმოიქმნება შავი ხვრელი?
- რას ნიშნავს გრავიტაციული ტალღა და რა მოვლენა იქნა აღმოჩენილი 2015 წელს ამერიკაში?

## ეროვნული სასწავლო გეგმის შედეგების მიღწევის სოლო ტაქსონომია

ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით, მოსწავლის მიღწევის შედეგები ფასდება ტაქსონომიის მიღწევის მიღწევის ტაქსონომიის მიხედვით. მიღწევის შედეგების ტაქსონომიის თითოეული საფეხური წარმოაჩენს სამიზნე ცნების ფლობის დონეს / სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული საკითხის/საკითხების გააზრების ხარისხს. პირველ სამ დონეზე სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული საკითხების გააზრების ხარისხი არ არის დამაკმაყოფილებელი. ცნების დაუფლება/შედეგის მიღწევა იგივეა მიმართებით და აბსტრაქტულ დონეებთან.

სკოლამ თავად უნდა დაადგინოს მოსწავლის სამიზნე ცნებების ფლობის დონეები სოლო-ტაქსონომიის მიხედვით.

<p><b>პრესტრუქტურული დონე</b> მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.</p>
<p><b>უნისტრუქტურული დონე</b> მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>
<p><b>მულტისტრუქტურული დონე</b> მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>
<p><b>მიმართებითი დონე</b> მოსწავლეს შეუძლია:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ფაქტებისა და მოვლენების კრიტიკულად და ურთიერთდაკავშირებულად გააზრება და გაანალიზება;</li> <li>• სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების ურთიერთდაკავშირებულად გაანალიზება;</li> <li>• კონკრეტულ სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ინფორმაციის კონტექსტუალიზება (საგნის სხვა სამიზნე ცნებებთან დაკავშირება).</li> </ul> <p>მიმართებით დონეზე საკითხის/სამიზნე ცნების გააზრება ნიშნავს ეროვნული სასწავლო გეგმით განსაზღვრული შედეგის მიღწევას. თუმცა, შესაძლებელია მოსწავლე უფრო შორსაც წავიდეს, ანუ იმ განზოგადებებისკენ, რომლებიც აბსტრაქტული დონისთვისაა განსაზღვრული.</p>
<p><b>აბსტრაქტული დონე</b> მოსწავლეს შეუძლია სამიზნე ცნებაზე მუშაობის პროცესში შემენილი ცოდნისა და გამოცდილების ეროვნული სასწავლო გეგმის <b>ზესაგნობრივ (მაკრო) ცნებებთან</b> დაკავშირება.</p>

ზოგადად, სკოლა და მასწავლებელი თავად ადგენს სამიზნე ცნებების ფლობის დონეებს კონკრეტულ შემთხვევაში სოლო-ტაქსონომიის მიხედვით, თუმცა ჩვენ წარმოგიდგინთ თითოეული დავალებისთვის შედგენილი ეროვნული სასწავლო გეგმის შედეგების მიღწევის ტაქსონომიას, რომელიც სარეკომენდაციო ხასიათის არის.

ტაქსონომია შედგება სამი სვეტისგან: მოსწავლის მიღწევის დონის, მიღწევის აღწერილობისა და მასწავლებლის განმავითარებელი სავარაუდო კომენტარისგან წარმოდგენილი დავალების ფარგლებში.

## ზესაგნობრივი (მაკრო) ცნებები

აუცილებლად უნდა შევეხოთ **ზესაგნობრივ (მაკრო) ცნებებს**, რომლებიც უკავშირდება ევროკავშირის მიერ განსაზღვრულ XXI საუკუნის რვა საკვანძო კომპეტენციას.

XXI საუკუნის საკვანძო (ევროსაბჭოს) კომპეტენციები	ზესაგნობრივი (მაკრო) ცნებები	კრიტერიუმი - ე.ს.გ. შედეგების მე-5 დონე მოსწავლემ უნდა შეძლოს
<b>წიგნიერება</b> <b>ციფრული წიგნიერება</b>	კონსტრუქტი (მნიშვნელობის მინიჭება)  ნარატივი (ინფორმაციის კონსტრუქცია)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>კონსტრუქტი</b> - ინფორმაციის გააზრება, საკუთარი გამოცდილებით მისი მნიშვნელობის გააზრება/ გაღრმავება;</li> <li>• <b>ნარატივი</b> - ინფორმაციის კონსტრუქცია/ნარატივად გარდაქმნა, საკუთარი ნარატივის ჩამოყალიბება, რომელშიც ასახული იქნება საკითხთან დაკავშირებული ფაქტობრივი მასალა საკუთარი მიზნებისა და აუდიტორიის გათვალისწინებით.</li> </ul>
<b>მულტილინგვური წიგნიერება</b> <b>კულტურული ცნობიერება და თვითგამოხატვა</b>	კულტურული მრავალფეროვნება	გაიაზროს, თუ როგორ აღიქვამენ ერთსა და იმავე ინფორმაციას სხვა კულტურის ადამიანები.
<b>რაოდენობრივი წიგნიერება</b>	მოდელი კვლევა	კანონზომიერებების აღმოჩენა და მოდელირება ახალ სიტუაციასთან მიმართებით; სასწავლო მასალის დაკავშირება სხვა სამეცნიერო ცოდნასთან.
<b>პერსონალური, სოციალური და სწავლის სწავლის კომპეტენცია</b>	სტრატეგია	სტრატეგიების შერჩევა საკითხის შესასწავლად ან დავალების შესასრულებლად
<b>სამოქალაქო კომპეტენცია</b>	მოქალაქე	გაანალიზოს, რა გავლენა მოახდინა მის მოქალაქეობრივ მსოფლმხედველობაზე შექმნილმა ცოდნამ.
<b>მეწარმეობა</b>	ინოვაციური პროექტი	შემენილი ცოდნის გამოყენებითი ასპექტების მოძიება საკუთარი, ან საზოგადოებრივი საჭიროებებისთვის.

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს იქნას ის ფაქტი, რომ **ზესაგნობრივი (მაკრო) ცნებები** არ მუშავდება დამოუკიდებელი ცნებების სახით. მათი გააზრება ხდება საგნობრივ სამიზნე ცნებებზე მუშაობის პროცესში. მაკროცნებები ასევე არ უკავშირდება რომელიმე ერთ საგანს, ან სამიზნე ცნებას. მაგალითად, წიგნიერებასთან დაკავშირებული მაკროცნებებია: **კონსტრუქტი** და **ნარატივი**, რომლებზე მუშაობაც აქტუალურია ყველა საგნის და მათ შორის **ფიზიკის სამიზნე ცნებისთვის** და



საგნობრივი საკითხისთვის. ზუსტად იმავე ითქმის სხვა კომპეტენციების / ზესაგნობრივი (მაკრო) ცნების შესახებ. როდესაც საგნობრივ საკითხსა და მასთან დაკავშირებულ სამიზნე ცნებაზე ვმუშაობთ, გარდა იმისა, რომ მოსწავლე ქმნის კონსტრუქტებს და აყალიბებს ნარატივს, რაც კომპეტენციების მხრივ ნიშნავს „წიგნიერებაზე“ მუშაობას, იგი ამავე დროს:

- ❖ აღმოაჩენს **კანონზომიერებებს**, აკეთებს **მოდელოებას** და უკავშირებს ახალ მასალას სხვა **სამეცნიერო კონსტრუქციებს** (რაოდენობრივი წიგნიერება);
- ❖ ეძებს შეძენილი ცოდნის გამოყენებით ასპექტებს საკუთარი, ან საზოგადოებრივი საჭიროებებისთვის (**მეწარმეობა**);
- ❖ არჩევს **სტრატეგიებს** საკითხის შესასწავლად თუ დავალების შესასრულებლად (**პერსონალური, სოციალური და სწავლის სწავლის კომპეტენცია**);
- ❖ ფიქრობს, რა გავლენას ახდენს შეძენილი ცოდნა მისი, როგორც **მოქალაქის**, საფიქრალსა და საკეთებელზე (**მოქალაქეობა**);
- ❖ ფიქრობს, როგორ შეიძლება გაიაზრონ განსხვავებულად იგივე ინფორმაცია სხვა კულტურის ადამიანებმა (**მულტილინგვური კომპეტენცია, კულტურული ცნობიერება და თვითგამოხატვა**).

ჩვენ მიერ წარმოდგენილი კომპლექსური დავალებების საბოლოო პროდუქტი (მოდელი, სტატია, კვლევითი ნაშრომი, პოსტერი) და მათი შექმნისთვის საჭირო აქტივობები, როგორებიცაა ექსპერიმენტული კვლევა მისთვის საჭირო ეტაპების და აქტივობების გათვალისწინებით, ვიდეორგოლებზე, ანიმაციურ ტესტებსა და სხვა მრავალფეროვან რესურსებზე მუშაობა ხელს უწყობს ზესაგნობრივი (მაკროცნებების) გააზრებას.

### **პროექტული დავალების ბარათი (მოსწავლის/მშობლის)**

პროექტული ამოცანის რესურსების სახით მიწოდება მოსწავლისთვის მიზანშეწონილი არ არის. იგი შექმნილია მხოლოდ მასწავლებლისთვის. რაც შეეხება მოსწავლისთვის წარსადგენ მასალას, იგი კომპლექსური დავალების ბარათის საშუალებით მიეწოდება მას.

დავალების ბარათი განკუთვნილია მშობლისთვისაც, რადგან მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის დანერგვის ფარგლებში სასწავლო პროცესში მნიშვნელოვანია მშობლის ჩართულობა. მოსწავლის მშობელი ინფორმირებული უნდა იყოს მოსწავლის მიერ კომპლექსური დავალების განხორციელების, მისი პირობის, შეფასების კრიტერიუმების და იმ საჭიროებების შესახებ, რაც **შესაძლოა**, თან ახლდეს აღნიშნული მეთოდით სწავლა - სწავლების პროცესს. აქ იგულისხმება პროდუქტის შესაქმნელად საჭირო რესურსით უზრუნველყოფა და ზოგადად, მოსწავლისთვის ხელს შეწყობა.

**გთავაზობთ ჩვენ მიერ შემოთავაზებული პროექტული დავალებების ბარათებს:**

1. კომპლექსური დავალება - **კაპილარული მოვლენები**

<p><b>სკოლა:</b>  <b>კლასი: XII</b>  <b>კომპლექსური დავალება: კაპილარული მოვლენები</b></p>
<p><b>საგანი - ფიზიკა</b></p> <p><b>თემა - მოლეკულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა.</b></p>

სამიზნე ცნება: მატერია, ენერგია, ძალა, ფიზიკური პროცესი

საკითხები - სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა, დამსველებელი და არადამსველებელი სითხეები, ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი, კაპილარული მოვლენები ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.

### დავალების პირობა

დადგენილია, რომ ადამიანის ორგანიზმში კაპილარების სიგრძე 100 000 კმ-ია. ეს მანძილი 2,5-ჯერ დიდია, ვიდრე დედამიწის გარშემოწერილობა ეკვატორის გასწვრივ. კაპილარული მილებით დაქსელილია მთელი ცოცხალი სისტემა. კაპილარების ქსელი ორგანიზმის სისხლმომარაგების ერთ-ერთი ძირითადი საშუალებაა. მიუხედავად იმისა, რომ ადამიანის ორგანიზმში სისხლის მიმოქცევას გულის პერიოდული შეკუმშვით განპირობებული სისხლის წნევა უზრუნველყოფს, მისი როლი კაპილარულ სისხლძარღვებში უმნიშვნელოა. სისხლის მოძრაობას ორგანიზმში ძირითადად კაპილარული მოვლენები განსაზღვრავს.

<https://www.youtube.com/watch?v=mwWJsR70bHw>

რა საერთო აქვს სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის ძალას კაპილარულ მოვლენებთან და როგორ აიხსნება კაპილარში სითხის აწევა? დაწევა?

### კრიტერიუმი #1

რატომ „ცდილობს“ სითხე თავისუფალი ზედაპირის შემცირებას და რა განაპირობებს სხვადასხვა სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის განსხვავებულ მნიშვნელობას? (მატერია 1.2.3, ძალა.1.2)

### კრიტერიუმი #2

რა განაპირობებს კაპილარულ მილში სითხის აწევას ან დაწევას და როგორ დააკავშირებთ ამ მოვლენას სითხის დასველება-არდასველებასთან? როგორ გამოითვლება აწეული ან დაწეული სითხის სიმაღლე? (მატერია 1.2.3, ფიზიკური პროცესი 1.2)

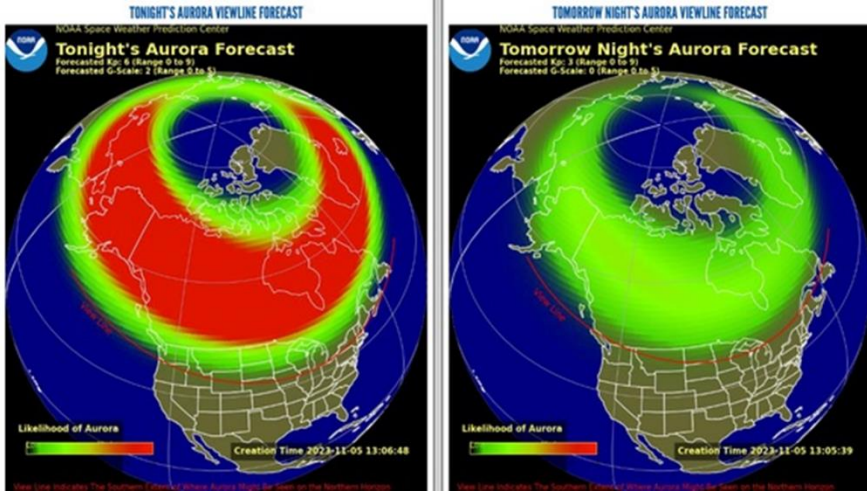
### კრიტერიუმი #2

როგორ აიხსნება დასველება-არდასველების მოვლენები ენერგეტიკულად და კაპილარული მოვლენების რა მაგალითებს მოიყვანდით ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნებიდან? (ენერგია 1.2.3, ფიზიკური პროცესი 1.2)

შესაძლო რესურსები: - - -

2. კომპლექსური დავალება - ჩრდილოეთის ციალი

<p>სკოლა:  კლასი: XII  კომპლექსური დავალება: ჩრდილოეთის ციალი</p>
<p>საგანი - ფიზიკა  თემა - ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები</p>
<p>სამიზნე ცნება: მატერია, ენერგია, ძალა, ფიზიკური პროცესი</p>
<p>საკითხები - რეზერვორდის ცდა, ატომის პლანეტარული მოდელი, ბორის პოსტულატები, წყალბადის ატომის ბორის თეორია, რადიოაქტივობა.</p>
<p><b>დავალების პირობა</b></p> <p>2023 წლის 5 ნოემბრის საღამოს საქართველოს მოსახლეობა ძალზე იშვიათი და ულამაზესი სანახაობის მოწმე გახდა - ცის ჰორიზონტი წითლად განათდა. ეს მოვლენა განსაკუთრებულად კაშკაშა და ლამაზი იყო მაღალმთიანი რეგიონის მოსახლეობისთვის. მოქალაქეებმა „ავრორის“ ფოტოები გამოაქვეყნეს რაჭიდან და სვანეთიდან. ამ უნიკალური მოვლენის მიზეზი მზეზე 3 ნოემბერს ძლიერი აფეთქება გახდა. მან დედამიწაზე 5 ნოემბერს მოაღწია, თუმცა მოვლენის ეფექტები 6 ნოემბერსაც შეიმჩნეოდა.</p> <p>რა არის ჩრდილოეთის ციალი? მზისგან წამოსული ნაწილაკებს მილიონობით კილომეტრის გავლა შეუძლია, რომელთაგან ზოგი დედამიწამდეც აღწევს. შემდეგ ისინი ჩვენი პლანეტის მაგნიტური ველის მეშვეობით პოლარული რეგიონისკენ მიემართება. ეს ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ ატმოსფეროს ფენებთან, რასაც თან ახლავს ნათება. ეს ნაწილაკები იმისდა მიხედვით, ატმოსფეროს ფენებში რომელი ნივთიერების მოლეკულებთან ურთიერთქმედებენ და ატმოსფეროს რომელ ნაწილში, გამოსხივებული სინათლის ტალღის სიგრძე სხვადასხვაა. როგორც წესი, ჟანგბადი მწვანე შუქს წარმოქმნის, ხოლო აზოტი — წითელს.</p> <p>~</p>



გავლა შეუძლია, რომელთაგან ზოგი დედამიწამდეც აღწევს. შემდეგ ისინი ჩვენი პლანეტის მაგნიტური ველის მეშვეობით პოლარული რეგიონისკენ მიემართება. ეს ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ ატმოსფეროს ფენებთან, რასაც თან ახლავს ნათება. ეს

მართალია, ჩრდილოეთის ციალი ჩვეულებრივ, დედამიწის მაგნიტური ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსებიდან ჩანს, თუმცა მზის ქარიდან შემოსული ენერჯის მიხედვით, ავრორას აქტივობის ოვალი ფართოვდება ან იკუმშება. სწორედ ამ ფაქტს უკავშირდება ის, რომ ჩრდილოეთის ციალი 2023 წლის ნოემბერში ისეთ ადგილებშიც გამოჩნდა, სადაც ჩვეულებრივ, არ გვხვდება. მათ შორის იყო საქართველოც.

თქვენი დავალებაა, მოამზადო **პოსტერი**, რომელშიც წარმოაჩენ ატომის აგებულებას, ატომისა და სინათლის ურთიერთქმედებით გამოწვეულ პროცესებს და მათ კავშირს ჩრდილოეთის ციალის მოვლენასთან.

**კრიტერიუმი #1**

რა წარმოდგენები არსებობდა სხვადასხვა პერიოდში ატომის აგებულების შესახებ? რაში მდგომარეობს რეზერფორდის ცდა? რეზერფორდის ცდის მიხედვით, როგორ ახსნით ატომის პლანეტარულ მოდელს?(**მატერია 1,2,3**) (**ძალა 1,2**)

**კრიტერიუმი #2**

რატომ ეწინააღმდეგება ატომის პლანეტარული მოდელი კლასიკურ ფიზიკას და როგორ გადაიჭრა ეს წინააღმდეგობა ბორის პოსტულატების საშუალებით.(**ფიზ. პროც.1.2**)

**კრიტერიუმი #3**

როგორ აღიწერება ბორის პოსტულატების მეშვეობით ატომის გამოსხივების სპექტრი და როგორ დაუკავშირებთ ამ ცოდნას ჩრდილოეთის ციალის მოვლენას? (**ენერჯია 1,2,3**)

**შესაძლო რესურსები: - - -**

**3. კომპლექსური დავალება - შავი ხვრელები**

<p><b>სკოლა:</b>  <b>კლასი: XII</b>  <b>კომპლექსური დავალება: შავი ხვრელები</b></p>
<p><b>საგანი - ფიზიკა</b></p> <p><b>თემა - ასტროფიზიკის საწყისები</b></p>
<p><b>სამიზნე ცნება: მატერია, ენერჯია, ძალა, ფიზიკური პროცესი</b></p>
<p><b>საკითხები - მზე, ვარსკვლავები, თეთრი ჯუჯები, ნეიტრონული ვარსკვლავები, პულსარები, შავი ხვრელები.</b></p>

## დავალების პირობა

2016 წლის 11 თებერვალს მასაჩუსეტის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტს (MIT) და კალიფორნიის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტს (CALTECH) ბაზაზე შექმნილმა გრავიტაციული ტალღების შემსწავლელმა კვლევითმა ცენტრმა LIGO-მ (Laser Interferometry Gravitational Waves Observatory), გრავიტაციული ტალღების ობსერვატორიის ლაზერული ინტერფერომეტრი განაცხადა, რომ 2015 წლის სექტემბერში მან პირდაპირი დაკვირვებით აღმოაჩინა გრავიტაციული ტალღები, რომლის წყაროს ერთმანეთის მიმართ და ერთმანეთისკენ სპირალურ ტრაექტორიაზე მბრუნავი და შერწყმული შავი ხვრელის ბინარული სისტემა წარმოადგენდა. იგი დედამიწიდან 400 მეგაპარსეკის (1.3 მილიარდი სინათლის წელიწადი) მანძილზე მდებარეობდა. შერწყმის ამ მოვლენას მიენიჭა სახელი - GW150914.

რა არის გრავიტაციული ტალღა?

გრავიტაციული ტალღების არსებობის იდეა თავდაპირველად, ფრანგ მეცნიერს ჟიულ ანრი პუანკარეს გაუჩნდა 1905 წელს, ხოლო ამ ტალღების არსებობა თავის თეორიაშიპირველად 1916 წელს ა. აინშტაინმა აჩვენა. აინშტაინის თანახმად, გრავიტაციულ ტალღები ელექტრომაგნიტური ტალღების მსგავსად სინათლის სიჩქარით ვრცელდება, თუმცა ელექტროენერჯის გამოსხივების ნაცვლად გრავიტაციულ ტალღებს გრავიტაციული ენერჯის გამოსხივება გადააქვს. ა. აინშტაინის თეორიის მიხედვით გრავიტაცია სივრცის სიმრუდის შედეგია. მასიური სხეული იწვევს სივრცის გამრუდებას მის მახლობლობაში. რაც უფრო დიდია სხეულის მასა სივრცის მოცემულ არეში, მით მეტია სივრცის სიმრუდე. როდესაც სხეული მოძრაობს სივრცეში, სიმრუდე მოძრაობს მასთან ერთად, ასახავს რა სხეული მდებარეობის ცვლილებას. გარკვეულ შემთხვევებში სხეულის აჩქარებული მოძრაობა სივრცის სიმრუდის ცვლილებას იწვევს და ეს ცვლილება ვრცელდება ტალღის სახით სინათლის სიჩქარით. სწორედ ამ მოვლენას უწოდებენ გრავიტაციულ ტალღას. ზოგადად გრავიტაციული ტალღები შეიძლება გამოასხივოს ჩვენ გარშემო აჩქარებით მოძრაობა (მათ შორის მბრუნავმა) სხეულებმა, მაგრამ, სამწუხაროდ, იმდენად მცირეა მათ მიერ გამოსხივებული ენერჯია, რომ შეუძლებელია ტალღის დამზერა. ამიტომაც მეცნიერების დაკვირვების ობიექტები არის ციური სხეულები (რომელთაც უზარმაზარი მასა გააჩნიათ) და მათი მოძრაობა. ისეთ სხეულებს, როგორც არის შავი ხვრელი, ნეიტრონული ვარსკვლავი, ვარსკვლავი მისი არსებობის ბოლო სტადიაში, ახასიათებთ ძალიან დიდი ცვლადი აჩქარება და უზარმაზარი ენერჯიის გამოსხივება

ამერიკელი მეცნიერების ექსპერიმენტების ანალიზმა აჩვენა, რომ მიღებული გრავიტაციული ტალღის სურათი დიდი სიზუსტით ემთხვევა ა. აინშტაინის მიერ ნაწინასწარმეტყველები გრავიტაციული ტალღის სურათს. ანალიზმა ასევე აჩვენა, რომ გრავიტაციული ტალღა წარმოიქმნა ორი ერთმანეთის მიმართ სპირალურად და ერთმანეთისკენ დიდი აჩქარებით მოძრავე შავი ხვრელის შერწყმის შედეგად. თითოეული ხვრელის მასა დაახლოებით 30-ჯერ მეტი იყო მზის მასაზე, ხოლო მათი შერწყმით წარმოქმნილი შავი ხვრელის მასა დაახლოებით 60 მზის მასის ტოლია. ეს შერწყმა კი, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მოხდა დედამიწიდან 1.3 მილიონი სინათლის წელიწადის მანძილზე წამის ძალიან მცირე მონაკვეთის განმავლობაში. შეფასების თანახმად, გამოსხივებული სიმძლავრის მაქსიმუმი დაახლოებით 50-ჯერ მეტია, ვიდრე დამზერადი ვარსკვლავების სიმძლავრე ერთად აღებული. ეს ენერჯია გამოსხივდა, როგორც აფეთქება შავი ხვრელების შერწყმის ბოლო სტადიაზე.

ბრაიან გრინი გრავიტაციული ტალღების აღმოჩენის შესახებ:

[https://www.youtube.com/watch?v=s06\\_jRK939I](https://www.youtube.com/watch?v=s06_jRK939I)

თქვენი დავალბაა, შექმნათ მოკლე რეფერატი და მასში ხაზგასმით წარმოაჩინოთ რა განაპირობებს პულსარიდან გამოსხივების პულსაციას და რატომ არის შავი ხვრელი შავი?

### კრიტერიუმი #1

1. რას წარმოადგენს პულსარი და რატომ პულსირებს პულსარიდან მიღებული გამოსხივება დედამიწაზე? (მატერია 1.2. 3, ფიზიკური პროცესი.1.2)

## კრიტერიუმი #2

2. სიცოცხლის რა ეტაპებს გადის ვარსკვლავი და რატომ ჰქვია შავ ხვრელს „შავი“? (ენერჯია 1.2.3, ძალა 1.2)

შესაძლო რესურსები: - - -

### ინკლუზიური განათლება

ზოგადი განათლების ეროვნული მიზნებიდან გამომდინარე, ეროვნული სასწავლო გეგმა ეფუძნება პიროვნების განვითარებაზე ორიენტირებულ კონსტრუქტივისტულ საგანმანათლებლო კონცეფციას და განსაზღვრავს ხუთ ძირითად საგანმანათლებლო პრინციპს, რომლებსაც უნდა დაეყრდნოს სწავლა-სწავლების პროცესი.

#### ეს პრინციპებია:

- ა) სწავლა-სწავლება ხელს უნდა უწყობდეს მოსწავლეთა შინაგანი ძალების გააქტიურებას.
- ბ) სწავლა-სწავლება ხელს უნდა უწყობდეს ცოდნის ეტაპობრივად კონსტრუირებას წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით.
- გ) სწავლა-სწავლება ხელს უნდა უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებას და ორგანიზებას.
- დ) სწავლა-სწავლება უნდა უზრუნველყოფდეს სწავლის სტრატეგიების დაუფლებას (სწავლის სწავლა).
- ე) სწავლა-სწავლება უნდა მოიცავდეს ცოდნის სამივე კატეგორიას: დეკლარატიულს, პროცედურულსა და პირობისეულს.

წარმოდგენილი პრინციპის რეალიზება უნდა მოხდეს ინკლუზიურ გარემოში, რაც თანაბრად ხელმისაწვდომს ხდის ხარისხიან განათლებას ყველა მოსწავლისთვის.

ინკლუზიური განათლების პრაქტიკაში რეალიზებას ხელს უწყობს:

- **სამიზნე ცნება და შედეგის ბუნება** - ფიზიკის საგნის შედეგები და სამიზნე ცნებები განსაზღვრულია საფეხურის და არა კონკრეტული წლის ან თემის ფარგლებში. შედეგებზე მთელი საფეხურის მანძილზე, მიმდინარეობს მუშაობა. ის არ წარმოადგენს მოკლევადიან ნიშნულს, რომელიც აუცილებელი წინაპირობაა მომდევნო შედეგზე გადასასვლელად. მაგ.: ეროვნული სასწავლო გეგმის სტანდარტის მიხედვით, შედეგის **ფიზ.საშ.2** - მეცნიერული მიღწევებისა და კვლევითი უნარ-ჩვევების გამოყენებით ენერჯიის სახეებსა და მათი ურთიერთგარდაქმნის მიზეზებზე/შედეგებზე მსჯელობა ბუნებაში მიმდინარე ფიზიკური მოვლენების დასახასიათებლად - მუშაობა მთელი სასწავლო კურსის განმავლობაში მიმდინარეობს. მასწავლებლის ამოცანაა, ამ კომპეტენციასთან მიმართებით მოსწავლის წინსვლის უზრუნველყოფა და **პრა** მკაცრად განსაზღვრული ნიშნულების „გადაღობვა“.
- **ფუნქციური კონტექსტი** - ეროვნულ სასწავლო გეგმაში თემები წარმოადგენს გამამთლიანებელ კონტექსტს, რომლის ფარგლებშიც უნდა მოხდეს შედეგის გააზრება. ეს კურიკულუმს ახლოებს ცხოვრებისეულ სიტუაციებთან და ხელს უწყობს ფუნქციური უნარების განვითარებას;
- **პროექტული დავალება, როგორც შუალედური სასწავლო მიზნის მიღწევის აუცილებელი ინსტრუმენტი** - მასწავლებელს შეუძლია საკუთარი კლასის მოსწავლეებს მათი ინტერესებისა და შესაძლებლობების შესაბამისი დავალება შესთავაზოს, ცალკეული მოსწავლეებისთვის კი ამ დავალების ადაპტირებული ვერსია მოამზადოს (იგულისხმება არა მხოლოდ სპეციალური საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე მოსწავლე, არამედ კლასის ნებისმიერი მოსწავლე).
- **სპეციალური საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე მოსწავლეთათვის**, როდესაც საჭიროა სასწავლო გარემოს და მასალების ადაპტირება, ინდივიდუალური სასწავლო გეგმით სწავლება, მასწავლებელმა აქტიურად უნდა ითანამშრომლოს სპეციალურ მასწავლებლებსა და ინკლუზიური განათლების სხვა სპეციალისტებთან, რათა უზრუნველყოფილი იქნას სპეციალური საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე მოსწავლის აქტიური ჩართულობა სასწავლო პროცესში.



ფიზიკური მოვლენების მარტივად ასახსნელად და მათი ვიზუალიზაციის მიზნით, რეკომენდაციის სახით გთავაზობთ, მასწავლებელმა გამოიყენოს ანიმაციები და ვირტუალური ლაბორატორიები:

❖ [https://javalab.org/en/surface\\_tension\\_en/?fbclid=IwY2xiawFeHsNleHRuA2FlbQlxMAABHQR\\_e9\\_Y1aZ6PHZY\\_ciidpmLAOJMzxCyy9eqC2zCn8pki4U3WxRD9FMGGQ\\_aem\\_o6DbDoccszbZf1ig9kYehA](https://javalab.org/en/surface_tension_en/?fbclid=IwY2xiawFeHsNleHRuA2FlbQlxMAABHQR_e9_Y1aZ6PHZY_ciidpmLAOJMzxCyy9eqC2zCn8pki4U3WxRD9FMGGQ_aem_o6DbDoccszbZf1ig9kYehA)

❖ [https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf\\_kapilarni\\_tlak&l=en&fbclid=IwY2xiawFeHutleHRuA2FlbQlxMAABHdPwE3XqUTCFeeyaBwf3Fow2v2IeVSfoK1nD0tRCRyzcD0eDOKMQbkWkRQ\\_aem\\_n44-D4Ax\\_Vkm\\_d2XsiF7Tg](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mf_kapilarni_tlak&l=en&fbclid=IwY2xiawFeHutleHRuA2FlbQlxMAABHdPwE3XqUTCFeeyaBwf3Fow2v2IeVSfoK1nD0tRCRyzcD0eDOKMQbkWkRQ_aem_n44-D4Ax_Vkm_d2XsiF7Tg)

კიდევ ერთხელ უნდა აღინიშნოს, რომ მასწავლებელმა ინდივიდუალური სასწავლო გეგმის ფარგლებში მოსწავლის შესაძლებლობების და საჭიროებების გათვალისწინებით, თვითონ უნდა მოახდინოს პროექტული დავალებების ადაპტირება სპეციალური საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე ცალკეული მოსწავლისთვის.

მასწავლებელმა უნდა ითანამშრომლოს ინდივიდუალური სასწავლო გეგმის გუნდთან (ინდივიდუალური სასწავლო გეგმის გუნდში შედის: საგნის მასწავლებელი, სპეცმასწავლებელი, მოსწავლის ასისტენტი (ასეთის არსებობის შემთხვევაში), მოსწავლის მშობელი, თავად მოსწავლე და ინკლუზიური განათლების სხვა სპეციალისტი).

### **გენდერული თანასწორობა**

მიუხედავად იმისა, რომ ზოგადი განათლების ეტაპზე, ნებისმიერ საგანში და მათ შორის ფიზიკაში, აკადემიური მოსწრების მხრივ მოსწავლეები გენდერული ნიშნით არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, საზოგადოებაში გავრცელებულია სტერეოტიპი, რომ ფიზიკა, როგორც რთული საგანი, ვაჟებისთვის უფრო საინტერესო და დამლევადია. საზოგადოებაში, ასევე, გავრცელებულია სტერეოტიპი, რომ არსებობს ქალისა და კაცისთვის შესაფერისი სასწავლო დისციპლინები და პროფესიები, რაც მოსწავლე გოგონებთან ზოგადად ზუსტი მეცნიერებებისა და მათ შორის ფიზიკის („მამაკაცური“ დისციპლინა) მიმართ ინტერესის დაქვეითებას იწვევს. მასწავლებელმა უნდა გაითვალისწინოს აღნიშნული ფაქტი და ამგვარი სტერეოტიპების დასაძლევად გამოიყენოს სხვადასხვა სტრატეგიები. მაგალითად, ჯგუფური მუშაობის დროს, ჯგუფების დაკომპლექტებისას ხელი შეუწყოს გენდერული კუთხით მოსწავლეთა თანაბარ გადანაწილებას ჯგუფებში, პერიოდულად მისცეს დავალება მოსწავლეებს, გააკეთონ რეფერატი ან პრეზენტაცია ქალი ფიზიკოსების მიღწევებზე წარსულ და თანამედროვე ეპოქაში. დღეს მრავალი ჩვენი მოქალაქე, ქართველი ქალი ფიზიკოსი მოღვაწეობს მსოფლიოს წამყვან კვლევით ცენტრში და აუცილებელია ამ თვალსაზრისით მათი საქმიანობის პოპულარიზაცია ჩვენს მოსწავლეებში.

2011 წელს გაერომ 11 თებერვალი დააწესა მეცნიერ ქალთა საერთაშორისო დღედ. საქართველოში ამ დღეს ტარდება სხვადასხვა ღონისძიება, მათ შორის საბუნებისმეტყველო მიმართულებით მოღვაწე მეცნიერი ქალები საუბრობენ საკუთარ მიღწევებზე და პოპულარიზაციას უწყვენ ფუნდამენტალურ სამეცნიერო დარგებს. ასეთი შეხვედრები მოსწავლეებთან ხელს უწყობს მოტივაციის ამაღლებას და გენდერული თანასწორობის დამკვიდრებას საბუნებისმეტყველო საგნებით დაინტერესებულ მოსწავლეებში.



## მეტაკოგნიცია და ფუნქციური/კომპონენტური უნარები

ფუნქციური უნარები წარმოადგენს იმ ფუნდამენტურ უნარებს, რომლებიც ეხმარება მოსწავლეს მიიღოს მაქსიმუმი სწავლის პროცესისგან, შეძლოს სხვა საგნებთან ერთად ფიზიკის სწავლა და ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოყენება. ფუნქციური უნარები ის ბაზისია, რომელზე დაყრდნობითაც შესაძლებელი ხდება მოსწავლის შემდგომი კოგნიტური განვითარება და მაქსიმალური ინტეგრაცია სასწავლო პროცესში. „ფუნქციური უნარები“ - გაგებული უნდა იქნეს ძალიან ფართო კონტექსტში, რომელიც მოსწავლეს უზრუნველყოფს უნარით, აქტიურად იყოს ჩართული სწავლაში, სოციუმსა და ყოველდღიურ აქტივობებში.

ეროვნული სასწავლო გეგმა გამოკვეთს ექვს ფუნქციურ უნარს და მათთან დაკავშირებულ კოგნიტურ ოპერაციებს, რომლებზე სპეციალური ყურადღების გამახვილების გარეშე ვერ მოხერხდება სამიზნე ცნებების განვითარება.

- კრიტიკული აზროვნება
- შემოქმედებითობა
- კომუნიკაცია
- კოლაბორაცია
- მოქალაქეობა
- ხასიათი/ნებელობა



ამ უნარებზე მუშაობა ყველა საგნის მასწავლებელს მოეთხოვება ყველა საფეხურზე, თითოეულ სამიზნე ცნებასთან მიმართებით. ყველა პროექტული დავალება გულისხმობს საკვანძო შეკითხვის განსაზღვრასაც, რომელზე ფიქრიც ლაიტმოტივად გასდევს პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესს. მაგ.: ჩვენ მიერ წარმოდგენილი #1 პროექტული დავალების მიხედვით, საკვანძო შეკითხვაა: როგორ შექმნით მოკლე რეფერატს და მასში ხაზგასმით წარმოაჩინთ რა საერთო აქვს სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის ძალას კაპილარულ მოვლენებთან და როგორ აიხსნება კაპილარში სითხის აწევა? დაწევა?

საკვანძო შეკითხვაში/შეკითხვებში მნიშვნელოვანია იმის განსაზღვრა, თუ რას შეიმეცნებს მოსწავლე და როგორ შეძლებს დასახული ამოცანის განხორციელებას (ზოგჯერ ეს ორი კომპონენტი შესაძლოა ორი შეკითხვაშიც იყოს წარმოჩენილი). შეკითხვის მეორე კომპონენტის აქცენტირებისას სწავლა-სწავლების პროცესში შემოდის ფუნქციურ-კომპონენტური უნარები.

ქვემოთ მოცემულია ცხრილები თითოეულ ფუნქციურ-კომპონენტურ უნარებთან დაკავშირებით: ისინი მასწავლებელს განმავითარებელი შეფასების წარმოებაში დაეხმარება.

ფუნქციური უნარი - კრიტიკული აზროვნება	კოგნიტური ოპერაციები კომპონენტები	საორიენტაციო შეკითხვები მასწავლებლისთვის
დაკვირვება	გახსენება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რა არის პოსტერი?</li> <li>• შეგიქმნიათ თუ არა პოსტერი?</li> <li>• გიმუშავიათ თუ არა ვირტუალურ ლაბორატორიაში?</li> <li>• იცნობთ თუ არა სიმულატორებს?</li> <li>• იცით თუ არა რამე სითხური მოვლენების შესახებ?</li> </ul>

	ამოცნობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რისთვის არის საჭირო პოსტერები?</li> <li>• რომელ ფიზიკურ პროცესს ახლავს თან ნათება?</li> <li>• იცით თუ არა როგორი აღნაგობა აქვს ატომს?</li> <li>• რა უნდა ვიცოდეთ პოსტერის შესაქმნელად?</li> <li>• როგორ ასახავთ პოსტერში საჭირო მათემატიკურ ფორმულებსა და გამოსახულებებს?</li> </ul>
კანონზომიერების აღმოჩენა და განზოგადება	შედარება და დაპირისპირება (კონტრასტი)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• შეადარეთ ერთმანეთს ატომის აღნაგობა რეზერფორდის ცდის მიხედვით და ბორის თეორიის მიხედვით.</li> <li>• შეადარეთ ერთმანეთს პულსარი და სავი ხვრელი.</li> </ul>
	კლასიფიცირება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თერმოდინამიკის რომელი კანონით აიხსნება ისეაღური სითბური ძრავის მოქმედების პრინციპი/</li> </ul>
	რელევანტური და არარელევანტური ინფორმაციის იდენტიფიცირება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რომელი ნივთიერება გამოიყენება ატომურ რეაქტორებში, როგორც საწვავი?</li> </ul>
დასკვნების ჩამოყალიბება კანონზომიერებების საფუძველზე	პირველადი დასკვნა	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სითბური ძრავის მქკ შეიძლება თუ არა 100% -ზე მეტი იყოს?</li> </ul>
	ვარაუდის გამოთქმა	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რა პირობებში იქნება სითბური ძრავის მქკ-ს გაზრდა მაქსიმალურად?</li> </ul>
დასკვნების შეფასება დაკვირვების საფუძველზე	თანმიმდევრულობის შემოწმება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევთ პოსტერის შექმნისას?</li> </ul>
	ტენდენციურობის, სტერეოტიპების, კლიშეებისა და პროპაგანდის იდენტიფიცირება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რატომ არ არის მოსახერხებელი პრაქტიკაში ყველა სიდიდის SI სისტემის ერთეულის გამოყენება?</li> </ul>
	უსაფუძვლო დაშვებების იდენტიფიცირება	
	გადამეტებული განზოგადების ან მცირედ განზოგადების ამოცნობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ვისთვის და რატომ არის ეს პროდუქტი სასარგებლო და საინტერესო?</li> </ul>
	დასკვნების ფაქტებით დადასტურება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• დასაბუთეთ დებულება, რომლის მიხედვითაც ბუნებაში მიმდინარე პროცესები თერმოდინამიკის კანონებს ეფუძნება.</li> </ul>

ფუნქციური უნარი - შემოქმედებითობა	კოგნიტიური ოპერაციები/კომპონენტები	საორიენტაციო შეკითხვები მასწავლებლისთვის
თავისუფლად აზროვნება	კითხვების დასმა	<ul style="list-style-type: none"> <li>რა არის გაუგებარი პროექტული დავალების პირობასთან მიმართებით?</li> <li>რა გიშლით ხელს პროექტულ დავალებაზე მუშაობაში?</li> <li>რა არის განსხვავებული შენი და თქვენი თანაკლასელების მიერ შესრულებულ პროექტულ დავალებებში?</li> <li>როგორ წარმოაჩინეთ ამ განსხვავებებს შეკითხვების სახით?</li> </ul>
	იდეების გენერირება; პრობლემის გადაჭრის გზების დასახელება; ალტერნატიული პასუხების ძიება და პრობლემის გადაჭრის გზების შემოთავაზება	<ul style="list-style-type: none"> <li>როგორ ასახავთ თქვენ მიერ მიღებულ შედეგებს პოსტერში?</li> <li>რატომ ფიქრობ, რომ შენ მიერ შექმნილი პოსტერი დაეხმარება მომავალში მსგავსი პრობლემის გადაჭრაში ადამიანებს?</li> <li>დაასახელებთ მოვლენა, რომელიც წარმოადგენს თერმოდინამიკის კანონების გამოვლინებას.</li> </ul>
ფლექსიურობა	<p>პრობლემის დანახვა და შეფასება სხვადასხვა პერსპექტივიდან</p> <p>მიდგომების მრავალფეროვნება (approach)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>რატომ ფიქრობ, რომ შენ მიერ შექმნილი პოსტერი დაეხმარება მომავალში მსგავსი პრობლემის გადაჭრაში ადამიანებს?</li> </ul>
ორიგინალობა	უნიკალური და ახალი იდეის გენერირება	<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>
	სხვადასხვა ელემენტისგან უნიკალური კომბინაციების შექმნა	<ul style="list-style-type: none"> <li>რა პროფესიის ადამიანებს ესაჭიროებათ შენ მიერ შექმნილი პროდუქტი?</li> </ul>
დეტალებზე ყურადღების გამახვილება	იდეების განვითარება და გამდიდრება დეტალიზაციის ხარჯზე	<ul style="list-style-type: none"> <li>რა ფაქტორებმა გამოიწვია/ შეუძლია გამოიწვიოს პირველადი დასკვნების გადასინჯვა?</li> </ul>

ფუნქციური უნარი - კომუნიკაცია	კოგნიტური ოპერაციები/კომპონენტები	კომენტარი (ნიმუშები)
ინფორმაციის ნათლად და შინაარსიანად გამოხატვა	მიზნობრიობა (ინფორმირება, ინსტრუქტირება, მოტივირება, დარწმუნება)	<ul style="list-style-type: none"> <li>რატომ ფიქრობ, რომ შენ მიერ შექმნილი პოსტერი დაეხმარება მომავალში მსგავსი პრობლემის გადაჭრაში ადამიანებს?</li> </ul>
	მეტყველების ტიპის შერჩევა - აღწერა, თხრობა, მსჯელობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>მეტყველების რა ტიპები შეიძლება არსებობდეს? რომელი მათგანი იქნება უფრო მიზნობრივი პროექტული დავალების პრეზენტაციისას?</li> </ul>
	აქტიური მოსმენა (კავშირის დამყარება, ნდობის მოპოვება, დიალოგში გაყოლა (ანუ მონიტორინგი), მიზნობრივი ფრაგმენტულობა)	<ul style="list-style-type: none"> <li>რით შეიძლება დაგეხმაროთ მასწავლებელთან, სხვა მოსწავლეებთან დიალოგი პროექტული დავალების შესრულებაში?</li> <li>რით შეიძლება დახმარება გაუწიოს თქვენმა შეკითხვებმა თანაკლასელებს სათქმელის უკეთ ჩამოყალიბებაში?</li> </ul>
	კონტექსტუალიზება (საკომუნიკაციო სიტუაციის გაანალიზება და გამოხატვის რელევანტური საშუალების შერჩევა (სათანადო ფუნქციური სამეტყველო ქმედების გამოყენება)	<ul style="list-style-type: none"> <li>რა ფაქტორები უნდა გაითვალისწინოთ საიმისოდ, რომ თქვენი პროექტული დავალების პრეზენტაცია მსმენელისთვის გასაგები და მისაღები იყოს (მაგ.: ფუნქციური სამეტყველო ქმედების სწორად შერჩევა, სენსიტიური ნიუანსების წინ წამოწევა)?</li> </ul>
	არავერბალური სიგნალები (სხეულის ენა, მიმიკა, ქესტიკულაცია და ა.შ.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>რა ფაქტორები გაითვალისწინე/უნდა გაითვალისწინოთ საიმისოდ, რომ თქვენი პროექტული დავალების პრეზენტაცია მსმენელისთვის გასაგები და მისაღები ყოფილიყო (მაგ.: ფუნქციური სამეტყველო ქმედების (თხრობა, აღწერა, მსჯელობა) სწორად შერჩევა, სენსიტიური ნიუანსების წინ წამოწევა; ქესტიკულაციის, მიმიკის, არავერბალური სიგნალების გამოყენება)</li> </ul>
თავდაჯერებულობა	ლიაობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>რით ამდიდრებს შენს პრეზენტაციას თანაკლასელების მიერ წარმოდგენილი პროექტული დავალებები? ასევე მათი კომენტარები, შენიშვნები?</li> </ul>
	კეთილგანწყობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>როგორ წარმართავდით, რა ფაქტორების გათვალისწინებაა საჭირო სამიზნე აუდიტორიის პროექტული დავალებაზე მუშაობის პროცესში ჩართული პირების კეთილგანწყობის მოსაპოვებლად?</li> </ul>
ემპათია (სხვის თვალით დანახვა)	თვითრეფლექსია/უკუკავშირი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ახლა რომ იწყებდეთ იმავე დავალებაზე მუშაობას, რას გააკეთებდით სხვაგვარად</li> </ul>

		<p>თქვენი ნამუშევარის შესახებ მასწავლებლისგან მიღებული უკუკავშირის გათვალისწინებით?</p>
	ურთიერთობის მონიტორინგი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ვინ და როგორ დაგეხმარათ პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში და რამდენად გაითვალისწინეთ მათი რჩევები?</li> </ul>
<b>ადიარება</b>	<p>თანასწორობა პასუხისმგებლობა ტოლერანტობა (განსხვავებულის მიმდებლობა) ორიენტაცია <i>პრობლემასა</i> და არა კომუნიკაციაში ჩართულ სუბიექტზე</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>შეხვდით თუ არა განსხვავებულ მოსაზრებებს პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში? რამდენად შეძელით თანამშრომლობა განსხვავებული შეხედულებების ადამიანებთან?</li> <li>რამდენად მოახერხეთ აზრთა სხვადასხვაობის ვითარებაში ორიენტირებული ყოფილიყავით <i>პრობლემასა</i> და არა კომუნიკაციაში ჩართულ ადამიანებზე?</li> </ul>

<b>ფუნქციური უნარი - თანამშრომლობა</b>	<b>კოგნიტური ოპერაციები/კომპონენტები</b>	<b>კომენტარი (ნიმუშები)</b>
ერთად მუშაობა	პირისპირ და ტექნოლოგიების გამოყენებით იდეებისა და რესურსების გაზიარების გზით	<ul style="list-style-type: none"> <li>გამოიყენეთ თუ არა ტექნოლოგიები პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?</li> <li>რაში დაგეხმარათ ტექნოლოგიების გამოყენება?</li> </ul>
საერთო პასუხისმგებლობა	საერთო მიზანი	<ul style="list-style-type: none"> <li>რა საერთო მიზანი გქონდათ შენ და შენს მასწავლებელს პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?</li> <li>გქონდათ თუ არა საერთო მიზნები თანაკლასელებთან ერთად?</li> </ul>
	ანგარიშვალდებულება შედეგთან მიმართებით	<ul style="list-style-type: none"> <li>რატომ შეასრულეთ პროექტული დავალება?</li> </ul>
არსებითი გადაწყვეტილებები (შინაარსი, პროცესი, პროდუქტი)	წინარე ცოდნის გამოყენება გადაწყვეტილებების მიღების მიზნით	<ul style="list-style-type: none"> <li>მსგავსი ტიპის პროექტული დავალება თუ შეგისრულებიათ სკოლაში?</li> </ul>
	როლებისა და პასუხისმგებლობების განაწილება	<ul style="list-style-type: none"> <li>როგორ ინაწილებდით პასუხისმგებლობებს მასწავლებელთან/ თანაკლასელებთან პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?</li> </ul>
	პროდუქტის დიზაინი, ბუნება და გამოყენებითობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>რა პროდუქტი შექმენით პროექტული დავალების სახით?</li> <li>ვისთვის და რატომ არის ეს პროდუქტი სასარგებლო და საინტერესო?</li> </ul>

	ურთიერთდამოკიდებულობა (ანგარიშვალდებულების ორი დონე - ინდივიდუალური და ჯგუფური)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ვის წინაშე იყავით ანგარიშვალდებულებული სამუშაო პროცესში (მასწავლებლის, თანაკლასელების, მშობლების)?</li> </ul>
--	---	--

ფუნქციური უნარი - მოქალაქეობა	კოგნიტური ოპერაციები/კომპონენტები	კომენტარი (ნიმუშები)
უზენაესი ეთიკის პრინციპები	ადამიანის ღირსება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რით და როგორ გამოხატავდით ადამიანების მიმართ პატივისცემას პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?</li> </ul>
	გაურკვევლობებისადმი შემწყნარებლური დამოკიდებულება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• წააწყდით თუ არა გაურკვევლობებს პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში? რა გაერკვიეთ ბუნდოვან საკითხებში?</li> </ul>
ანგარიშვალდებულება საზოგადოებისადმი და თანაშემოქმედებითობა	პასუხისმგებლობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რა პასუხისმგებლობები (მათ შორის ჯგუფური პასუხისმგებლობები) გეკისრებოდათ პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში? ვის წინაშე იყავით ანგარიშვალდებულებული?</li> </ul>
	კონფლიქტების მართვა	<ul style="list-style-type: none"> <li>• წააწყდით თუ არა კონფლიქტურ სიტუაციებს პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში? როგორ შეძელით კონფლიქტის დარეგულირება?</li> </ul>
	კანონის უზენაესობის დაფასება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• გააანალიზეთ რა წესებს/კანონებს იცავდით და რატომ პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?</li> </ul>
თემის პრიორიტეტების გააზრება	ლოკალური თემისთვის აქტუალური პრობლემები	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ლოკალური თემისთვის აქტუალურ რა საკითხებს შეეხებოდა თქვენ მიერ შესრულებული პროექტული დავალება?</li> </ul>
	ქვეყნისთვის აქტუალური პრობლემები;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ჰქონდა თუ არა თქვენ მიერ შექმნილ პროექტული დავალებას რაიმე კავშირი ქვეყნისთვის აქტუალურ პრობლემებთან?</li> </ul>
	მსოფლიოს ცოდნა და შემეცნება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ჰქონდა თუ არა თქვენ მიერ შექმნილ კომპლექსურ დავალებას რაიმე კავშირი მთელი მსოფლიოსთვის აქტუალურ პრობლემებთან?</li> </ul>



ფუნქციური/კომპონენტური უნარი - ხასიათი ნებისყოფა/ნებელობა	კოგნიტური ოპერაციები/კომპონენტები	კომენტარი (ნიმუშები)
იდენტობა	საკუთარი შესაძლებლობებისა და ინტერესების გაცნობიერება (ვინ ვარ მე) გადაწყვეტილების მიღება თვითრეალიზაციისთვის (რასთან ვაფილირდები)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რას მამღვეს მე/რატომ არის ჩემთვის მნიშვნელოვანი პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესი? (რა გავიგე, რა შევძელი, რა შევიძინე პროექტულ დავალებაზე მუშაობის შედეგად?</li> </ul>
თვითრეგულაცია	მიზნების დასახვა დაგეგმვა თვითეფექტურობის განცდა სწავლის სტრატეგიები მონიტორინგი და შეფასება დახმარებისთვის სხვებისთვის მიმართვა	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რა გრძელვადიან და მოკლევადიან მიზნებს ისახავდით პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?</li> <li>• როგორ დაგეგმე პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესი? რა ფაქტორებს ითვალისწინებდი სამუშაო პროცესის დაგეგმვისას?</li> <li>• რა გამოგივიდათ კარგად პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?</li> <li>• რა ხერხები გამოიყენე სასწავლო მასალის უკეთ გასააზრებლად? / პროექტული დავალების უკეთ შესასრულებლად?</li> <li>• წარიმართა თუ არა პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესი დაგეგმილის შესაბამისად? გახდა თუ არა საჭირო პირველად გეგმებში ცვლილებების შეტანა?</li> <li>• ვისთან ითანამშრომლეთ პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში? (რა დახმარება გაუწიეთ თანაკლასელებს/მშობელს/მასწავლებელს; რა მხარდაჭერა მიიღეთ მათგან)</li> </ul>
თვითაქტუალიზაცია	ენტუზიაზმი ყველა საქმის მიმართ ავტონომიურობა საკუთარი თავის პოზიტიური შეფასება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• იყო თუ არა საინტერესო და სასიამოვნო თქვენთვის პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესი?</li> <li>• რა გააკეთეთ დამოუკიდებლად პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?</li> <li>• რა გამოგივიდათ კარგად კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?</li> </ul>



	ადამიანებისა და სამყაროს მიმართ კეთილგანწყობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თქვენი აზრით, რა სამსახური გაუწიეთ სხვა ადამიანებს თქვენ მიერ შესრულებული პროექტულ დავალებით?</li> </ul>
	პროცესზე ორიენტირებულობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორ დაგეგმე პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესი? რა ფაქტორებს ითვალისწინებდი სამუშაო პროცესის დაგეგმვისას? წარიმართა თუ არა პროექტულ დავალებაზე მუშაობის პროცესი დაგეგმილის შესაბამისად? გახდა თუ არა საჭირო პირველად გეგმებში ცვლილებების შეტანა?</li> </ul>

ზემოთ წარმოდგენილ ცხრილებში შუა სვეტი მოიცავს კოგნიტურ ოპერაცია / კომპონენტებს, რომლებიც ფუნქციურ/კომპონენტური უნარების განვითარების ერთგვარ ინდიკატორს წამოადგენს.

ჩვენ მიერ ზემოთ დამუშავებული ცხრილის მარჯვენა სვეტი წარმოადგენს პროექტული დავალების #1 მიხედვით გაანალიზებულ **თითოეულ ფუნქციურ-კომპონენტურ** უნართან დაკავშირებულ მასწავლებლის კითხვებს და კომენტარებს. იმავე პრინციპის გამოყენება არის შესაძლებელი დანარჩენ პროექტული დავალებებისათვის.

ამდენად, მასწავლებლის წიგნში ქართ ჩვენ მიერ წარმოდგენილი პროექტული დავალებების განხორციელება მნიშვნელოვნად შეუწყობს შეუწყობს ფუნქციურ/ კომპონენტური უნარების განხორციელებას.

აქვე ყურადღება უნდა გამახვილდეს **მეტაკოგნიციაზე**.

მეტაკოგნიცია არის აზროვნების პროცესების მონიტორინგი და მართვა (კონტროლი). იმისათვის, რომ მოსწავლემ წარმატებით მართოს აზროვნების პროცესები, მან უნდა შეძლოს დამოკიდებულების (ყოფა-ქცევის) და გრძნობების მართვაც - ამ პროცესს **თვითრეგულირება ჰქვია**.

ჩვენ მიერ წარმოდგენილ ყველა პროექტულ დავალებას ახლავს ორი ან მეტი ექსპერიმენტული კვლევა რეალურ ან ვირტუალურ ლაბორატორიაში, შესაბამისად, ნებისმიერი კვლევისას მოსწავლემ უნდა დასახოს მიზანი და დაგეგმოს კვლევის ჩატარება, ასევე აუცილებელია კვლევის წინ ვარაუდების გამოთქმა და შემდეგ კვლევის შედეგთან შედარება, კვლევითი სამუშაოს განხორციელებას ასევე თან ახლავს პროცედურული და პირობისეული ცოდნის გააქტიურება, რაც მაღალი სააზროვნო უნარების გააქტიურებას იწვევს.

გრძელვადიანი მიზნების მიღწევის გზაზე შესრულებული შუალედური მიზანი - პროექტული დავალება ფიზიკაში მრავალფეროვან რესურსებზე დაფუძნებული შესაბამისი

აქტიურობებით ყველა ფუნქციურ - კომპონენტური უნარის: **კრიტიკული აზროვნება,**

**შემოქმედებითობა, კომუნიკაცია, თანამშრომლობა, მოქალაქეობა, ხასიათი**

**ნებისყოფა/ნებელობა** განვითარება- გააქტიურებას უწყობს ხელს.

აღსანიშნავია, რომ ჩვენ მიერ წარმოდგენილი პროექტული დავალებების ეროვნული სასწავლო გეგმის შედეგების მიღწევის ტაქსონომიაში განმავითარებელი შეფასების რუბრიკები ფუნქციურ-კოგნიტურ უნარებზეა დაფუძნებული. მათი საშუალებით აღიწერება მოსწავლის ემოციურ-სოციალური და კოგნიტური განვითარება.

მისი თითოეული საფეხური წარმოაჩენს სამიზნე ცნების ფლობის დონეს / სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული საკითხის/საკითხების გააზრების ხარისხს. პირველ სამ დონეზე სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული საკითხების გააზრების ხარისხი არ არის დამაკმაყოფილებელი. **ცნების დაუფლება/შედეგის მიღწევა** იგივედება მიმართებით და აბსტრაქტულ დონეებთან.

შეფასების კრიტერიუმი	კომენტარი
<p><b>პრესტრუქტურული დონე</b>  მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.</p>	<p>მოსწავლემ ვერ შეასრულა დავალება</p>
<p><b>უნისტრუქტურული დონე</b>  მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლეს აქვს ერთი იდეა დავალებასთან მიმართებით: იცის რა არის დენი, მაგრამ არ იცის რა განაპირობებს ამ მოვლენას.  /ან იცის, რომ დენის გავლისთვის აუცილებელია წრედის შეკვრა, მაგრამ არ იცის, ეს რას ნიშნავს მექანიკური ანალოგიების გათვალისწინებით, რატომ სჭირდება დენის გავლას წრედის შეკვრა, ვერ ხვდება.</p>
<p><b>მულტისტრუქტურული დონე</b>  მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>შესასწავლ საკითხთაგან დაკავშირებით შეუძლია წარმოადგინოს რამდენიმე ცოდნა, მაგრამ ვერ აკავშირებს მათ ერთმანეთთან. საბოლოოდ, მოსწავლემ ვერ ახსნა ფაქტები დავალების პირობით მოთხოვნილ კონტექსტში. მსჯელობს, რატომ არის ძაბვა მუდმივი პარალელური უბნის ბოლოებზე, არ ესმის ძაბვის არსი, თუმცა იცის ფორმულა და იცის მისი ერთეული.</p>
<p><b>მიმართებითი დონე</b>  მოსწავლეს შეუძლია:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ფაქტებისა და მოვლენების კრიტიკულად და ურთიერთდაკავშირებულად გააზრება და გაანალიზება;</li> <li>• სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების ურთიერთდაკავშირებულად გაანალიზება;</li> <li>• კონკრეტულ სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ინფორმაციის კონტექსტუალიზება (საგნის სხვა სამიზნე ცნებებთან დაკავშირება).</li> <li>• მიმართებით დონეზე საკითხის/სამიზნე ცნების გააზრება ნიშნავს ეროვნული სასწავლო გეგმით განსაზღვრული შედეგის მიღწევას. თუმცა, შესაძლებელია მოსწავლე უფრო შორსაც წავიდეს, ანუ იმ განზოგადებებისკენ, რომლებიც აბსტრაქტული დონისთვისაა განსაზღვრული.</li> </ul>	<p>ცვლადი დენის ძრავის თემაზე ნამუშევრის წარდგენისას მოსწავლე შემოქმედებითად გადმოსცემს, თუ რატომ არის მისი მოდელი საინტერესო, კარგად აქვს გააზრებული ელექტრული დენის, როგორც ფიზიკური პროცესის არსი, ახასიათებს ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენის აღძვრის პირობებს.</p>
<p><b>აბსტრაქტული დონე</b>  მოსწავლეს შეუძლია სამიზნე ცნებაზე მუშაობის პროცესში შექმნილი ცოდნისა და გამოცდილების ეროვნული სასწავლო გეგმის <b>ზესაგნობრივ (მაკრო) ცნებებთან</b> დაკავშირება.</p>	<p>მოსწავლე მსჯელობს გენერატორის მოქმედების პრინციპებზეც. იგი აკავშირებს ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენას ცხოვრებისეულ მაგალითებთან და ასახელებს მოწყობილობებს, რომლებიც ელექტრული ენერჯის მექანიკურ ენერჯიად და, პირიქით, მექანიკური ენერჯის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნის.  მსჯელობს, თუ როგორ შეიძლება მიღებული ცოდნა გამოვიყენოთ სხვადასხვა ცხოვრებისეულ სიტუაციებში.</p>

## საკონტროლო კითხვების პასუხები პარაგრაფების მიხედვით

### I თავი

#### §1.2

1.  $1 \text{ სმ}^3$  მოცულობის წყალში მიახლოებით  $3,7 \cdot 10^{22}$  მოლეკულაა;
2. წყლის 1 მოლეკულის მასა მიახლოებით  $2,7 \cdot 10^{-23}$  გ-ის ტოლია;
3. 1 მ. ა. ე. კილოგრამებში  $1,66 \cdot 10^{-27}$  კგ-ია;
4. გრამებში და კილოგრამებში გამოსახული ყველა მოლეკულის მასა ძალიან მცირეა და გამოთვლებისას მოუხერხებელია. სწორედ ამიტომ გამოსახავენ ატომებისა და მოლეკულების მასებს ფარდობით ატომურ ერთეულებში, ანუ ადარებენ ნახშირბადის  $^{12}\text{C}$  იზოტოპის მასის 1/12-ს. ამ შემთხვევაში ატომთა მასები უფრო ახლოსაა მთელ რიცხვებთან;
5. გ/მოლი ერთეულში გამოსახული მოლური მასა რიცხობრივად მოლეკულური მასის ტოლია.

#### §1.3

1. ბროუნის მოძრაობის უნივერსალური ხასიათი ძალიან მცირე ზომის სხვადასხვა, მათ შორის არაორგანულ, ნაწილაკებზე ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა;
2. ქაოსური მოძრაობის გამო, გარემოს მოლეკულები განუწყვეტილად ეჯახებიან მასში შეტივტივებულ ბროუნის ნაწილაკს. თუ სხვადასხვა მხრიდან ამ ნაწილაკზე დარტყმების ჯამური ძალები ერთმანეთს არ გააბათილებს, მაშინ ბროუნის ნაწილაკი ამ ძალების ტოლქმედის მიმართულებით ამოძრავდება;
3. გარემოს მოლეკულების (ატომების) ქაოსური მოძრაობის გამო, ბროუნის ნაწილაკზე მოქმედი ძალების ტოლქმედის მიმართულებაც ქაოსურად იცვლება, რაც ამ ნაწილაკის ქაოსურ მოძრაობას განაპირობებს.

#### §1.4

1. მოლეკულების (ატომების) ურთიერთქმედებას ძირითადად განსაზღვრავს ატომის შემადგენლობაში შემავალ დამუხტულ ნაწილაკებს შორის ელექტრული მიზიდვა და განზიდვა;
2. ჩვეულებრივ პირობებში მოლეკულებს შორის მანძილი გაცილებით დიდია მათ ზომებზე. სწორედ ამიტომ, გარე ზემოქმედებისას აირების მოლეკულებს შორის საშუალო მანძილი ადვილად მცირდება ისე, რომ მოლეკულების ფორმა არ იცვლება. სითხისა და მყარი სხეულის მოლეკულები კი ერთმანეთთან მჭიდროდ არის განლაგებული და გარე ზემოქმედებით მათი დაახლოებისას მოლეკულათა შორის განზიდვის ძალები ძალიან იზრდება;
3. სითხის მოლეკულა გარკვეული წონასწორობის მდებარეობის მახლობლად ირხევა, ზოგჯერ კი ახორციელებს „ნახტომს“ და წონასწორობის ახალ მდებარეობაში გადადის. ეს „ნახტომები“ უპირატესად შეიძლება გარე ძალის მიმართულებით განხორციელდეს, რაც სითხის დენადობას განაპირობებს;
4. მყარი კრისტალური სხეულების ატომებს და იონებს მოწესრიგებული ურთიერთმდებარეობა აქვს სივრცეში. მათგან განსხვავებით, ამორფულ მყარ სხეულებში ნაწილაკები უწყესრიგოდ, ქაოტურადაა განლაგებული.

## §1.5

1. იდეალური აირი არის მოდელი რეალური აირის, რომელშიც: მოლეკულებს შორის მანძილი ბევრად მეტია მათ ზომებზე; მოლეკულები მცირე ზომის დრეკადი ბირთვებია; მოლეკულებს შორის მიზიდვის ძალები უსასრულოდ მცირეა; მოლეკულები ურთიერთქმედებენ მხოლოდ დაჯახებისას; მოლეკულები ქაოსურად მოძრაობენ; მოლეკულების მოძრაობა ნიუტონის კანონებით აღიწერება;
2. თუ აირი ძლიერ გაუხშობულია, ის შესაძლებელია იდეალური აირად მივიჩნიოთ;
3. მოლეკულის კედელთან შეჯახებისას სიჩქარის კედლისადმი მართობული მდგენელი მიმართულებას საპირისპიროთი იცვლის;
4. მოლეკულების სიჩქარის კვადრატის საშუალო მნიშვნელობა გამოითვლება როგორც ყველა მოლეკულის სიჩქარეთა მოდულების კვადრატების ჯამი შეფარდებული მოლეკულათა რაოდენობასთან;
5. ნარევში შემავალი რომელიმე აირის შექმნილ წნევას ამ აირის პარციალური წნევა ეწოდება. სხვაგვარად, აირის პარციალური წნევა არის ის წნევა, რომელსაც შექმნიდა ნარევში შემავალი აირი, თუ მხოლოდ ის დაიკავებდა ნარევის მიერ დაკავებულ მთლიან მოცულობას.

## §1.6

1. ორ სხეულს შორის სითბოცვლა იმ შემთხვევაში მიმდინარეობს, თუ მათი ტემპერატურები განსხვავებულია და მათ შორის სითბური კონტაქტი არსებობს;
2. ცელსიუსის სკალაზე აბსოლუტური ნული  $-273^{\circ}\text{C}$ -ის ტოლია;
3. ცელსიუსის და კელვინის სკალაზე ტემპერატურის ცვლილებას ერთნაირი იმიტომია, რომ ამ სკალაებზე ტემპერატურის ერთეული ერთი და იგივეა;
4. კელვინის სკალით, ჩვეულებრივ, წყალი  $(273 + 100)^{\circ}\text{C} = 373^{\circ}\text{C}$ -ზე დუღს.

## §1.7

1. მრავალრიცხოვანი დაჯახებების გამო, აირის ყოველი მოლეკულის ტრაექტორია ტეხილს წარმოადგენს. დიდი სიჩქარით მოლეკულა მოძრაობს მხოლოდ დაჯახებიდან დაჯახებამდე მოძრაობს, ხოლო რაიმე მიმართულებით მოლეკულის გადაადგილება რამდენიმე წუთის განმავლობაშიც კი მცირეა. შესაბამისად, მოლეკულის მიერ რაიმე დროში გავლილი მანძილი ბევრად აღემატება მისი გადაადგილების მოდულს;
2. ღრიჭოში გასული ვერცხლის ატომი ცილინდრებს შორის არსებულ  $R - r$  მანძილის გავლას გარკვეულ დროს ანდომებს. ამ დროში კი ცილინდრები რაღაც კუთხით შემობრუნდებიან. სწორედ ამის გამო, მუდმივი სიჩქარით მოძრავი ვერცხლის ატომები დიდი ცილინდრის ზედაპირზე ღრიჭოს გასწვრივ  $D$  ზოლში არ დაილექებიან;
3. შტერნის ცდაში ცილინდრების შიგნით ვაკუუმის არსებობა იმიტომია აუცილებელი, რომ ვერცხლის ატომების მოძრაობას დანადგარში არსებულმა აირის ატომებმა რაც შეიძლება ნაკლებად შეუშალოს ხელი;
4. როგორც ფორმულიდან ჩანს, შტერნის ექსპერიმენტში აირის მოლეკულების საშუალო სიჩქარის გამოსათვლელად საჭიროა გაიზომოს მანძილი ღრიჭოს მოპირდაპირე ადგილიდან ვერცხლით დალექილ ზოლამდე, დაფიქსირდეს ცილინდრების ბრუნვის სიხშირე და გაიზომოს ცილინდრების რადიუსები.

### §1.8

1. თუ გამოვიყენებთ ნივთიერების რაოდენობის  $\nu = \frac{m}{M}$  გამოსახულებას,  $pV = \frac{m}{M}RT$  განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:  $pV = \nu RT$ ;
2. თუ  $pV = \frac{m}{M}RT$  განტოლებაში აირის  $m$  მასას მისი სიმკვრივისა და მოცულობის ნამრავლით ჩავანაცვლებთ, გვექნება:  $pV = \frac{\rho V}{M}RT$ . საიდანაც,  $p = \frac{\rho}{M}RT$ .

### §1.9

1. იზოთერმული პროცესის შესაბამისი  $P(V)$  გრაფიკი ჰიპერბოლას წარმოადგენს;
2.  $P(V)$  დიაგრამაზე დაბალი ტემპერატურის შესაბამისი იზოთერმა უფრო დაბლა მდებარეობს;
3.  $p(T)$  და  $V(T)$  დიაგრამებზე გრაფიკები რეალურად ტემპერატურის აბსოლუტურ ნულამდე იმიტომ არ გრძელდება, რომ დაბალ ტემპერატურებზე აირები საგრძნობლად განსხვავდება „იდეალური აირის“ მოდელისგან და ტემპერატურის შემდგომი შემცირებისას სითხედ გადაიქცევიან.

### §1.10

1. თერმოდინამიკური სისტემის მდგომარეობის აღწერისათვის იყენებენ სისტემის მაკროპარამეტრებს—წნევას, მოცულობას და ტემპერატურას;
2. იდეალური აირის შინაგანი ენერგია მხოლოდ მის ტემპერატურაზე იმიტომადამოკიდებული, რომ ამ აირის ნაწილაკების ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია მათივე კინეტიკურ ენერგიასთან შედარებით გაცილებით მცირეა. შესაბამისად, იდეალური აირის შინაგანი ენერგია განისაზღვრება მისი ნაწილაკების მხოლოდ საშუალო კინეტიკური ენერგიით, რომელიც  $\bar{E} = \frac{3}{2}kT$  ფორმულასთანახმად, მხოლოდ აბსოლუტურ ტემპერატურაზეა დამოკიდებული;
3. ერთატომიანი იდეალური აირის თავისუფლების ყოველ ხარისხზე  $\frac{1}{2}kT$ -ს ტოლი ენერგია მოდის.

### §1.11

1. აირის გაფართოებისას ჭურჭლის დეფლუაჟზე წარმოებული წნევის ძალა დეფლუაჟის გადაადგილების მიმართულებას ემთხვევა, ამიტომ აირის მიერ შესრულებული მუშაობა დადებითია;
2. აირის შეკუმშვისას დეფლუაჟი უახლოვდება აირის მოლეკულებს და დაჯახებისას გადასცემს თავისი მექანიკური ენერგიის ნაწილს. შედეგად, მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგია იზრდება, რაც შინაგანი ენერგიის ზრდას იწვევს;
3. აირის მიერ შესრულებული მუშაობა იზობარული გაფართოების დროს რიცხობრივად რისი ტოლია  $p(V)$  დამოკიდებულების გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული მართკუთხედის ფართობის, არაიზობარული გაფართოების დროს კი—ამავე დამოკიდებულების გრაფიკის ქვეშ მოთავსებული მრუდწირული ტრაპეციის ფართობის.

### §1.12

1. სისტემის შინაგანი ენერგია აუცილებლად იმ შემთხვევაში მოიმატებს, თუ სისტემას სითბოს რაოდენობა გადაეცა და გარე ძალებმა მასზე დადებითი მუშაობა შეასრულა;

2. სისტემის შინაგანი ენერგია აუცილებლად მოიკლებს, თუ სისტემამ სითბოს რაოდენობა გასცა და დადებითი მუშაობა შეასრულა;
3. ისეთი მექანიზმის შექმნა, რომელიც მუშაობას საწვავის დაუხარჯავად შეასრულებს შეუძლებელი იმიტომ, რომ თუ სისტემას სითბოს რაოდენობა არ გადაეცა, მაშინ ის მუშაობას შინაგანი ენერგიის შემცირების ხარჯზე შესრულებს. ვინაიდან შინაგანი ენერგიის რაოდენობა შემოსაზღვრულია, როგორც კი მისი მარაგი ამოიწურება ძრავა მუშაობას შეწყვეტს.

### §1.13

1. იზოქორული პროცესის დროს ერთატომიანი იდეალური აირისათვის გადაცემული სითბოს რაოდენობა გამოისახება ფორმულით:  $Q = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{3}{2} V \Delta p$ ;
2. იზობარული პროცესის დროს ერთატომიანი იდეალური აირისათვის გადაცემული სითბოს რაოდენობა გამოისახება ფორმულით:  $Q = \frac{5}{2} p \Delta V$ ;
3. არათბოიზოლირებულ სისტემაში ადიაბატურ პროცესად შეიძლება მივიჩნიოთ აირის ძალიან სწრაფი შეკუმშვა ან გაფართოება;
4. ადიაბატური გაფართოებისას აირი მუშაობას ასრულებს თავისი შინაგანი ენერგიის შემცირების ხარჯზე, რაც მისი ტემპერატურის, ანუ მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგიის შემცირებას იწვევს. ამ პროცესისას აირის წნევის შემცირება გამოწვეულია როგორც მისი მოცულობის ზრდით, ასევე ტემპერატურის შემცირებით. იზოთერმული გაფართოებისას კი მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგია არ იცვლება, ამიტომ აირის წნევის შემცირება მხოლოდ გაფართოებითაა გამოწვეული. შესაბამისად, ადიაბატური გაფართოებისას აირის წნევა უფრო მნიშვნელოვნად მცირდება, ვიდრე იზოთერმული გაფართოებისას.
5. საწვავი ნარევის თავისთავად აალებას დიზელის ძრავაში იწვევს აირის მაღალი ტემპერატურა, რომელიც მისი სწრაფი შეკუმშვით მიიღწევა.

### §1.14

1. ენერგეტიკული თვალსაზრისით შექცეული პროცესი იმიტომ, შესაძლებელი, რომ ის ენერგიის მუდმივობის კანონს არ არღვევს;
2. ფლუქტუაციებს ადგილი ისეთ სისტემებში აქვს, რომლებიც ნაწილაკების მცირე რაოდენობას შეიცავს.

### §1.15

1. სითბური მანქანის ძირითადი შემადგენელი ელემენტებია: სახურებელი, მუშა სხეული და მაცივარი;
2. კარნოს ციკლში განიხილება ორი იზოთერმული და ორი ადიაბატური პროცესი;
3. ვინაიდან სითბური ძრავას მუშაობისას სითბოს რაოდენობის გარკვეული ნაწილი აუცილებლად გადაეცემა მაცივარს, ამიტომ მისი მქვ შეუძლებელია 100% იყოს;
4. იდეალური სითბური ძრავას მქვ გამოითვლება ფორმულით:  $\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ .

### §1.17

1. ფაზური გადასვლებისას იცვლება ნივთიერების მექანიკური, სითბური, ელექტრული და მაგნიტური თვისებები;
2. აირის გათხევადების ტემპერატურა მისი მოლეკულების ურთიერთქმედების სიმძლიერეზეა დამოკიდებული. ჰელიუმის მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედება სუსტია, ამიტომ მისი გათხევადების ტემპერატურა ძალიან დაბალია;
3. სითხისა და მისი ნაჯერი ორთქლის დინამიკური წონასწორობა იმას ნიშნავს, რომ დროის რაიმე შუალედში აორთქლებული მოლეკულების რაოდენობა იმავე დროში კონდენსირებული მოლეკულების რაოდენობის ტოლია.

### §1.18

1. ტემპერატურის ზრდისას იდეალურ აირთან შედარებით ნაჯერი ორთქლის წნევა უფრო სწრაფად იმიტომ იზრდება, რომ ნაჯერი ორთქლის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ორთქლის მოლეკულების კონცენტრაციაც მატულობს, იდეალურ აირში კი კონცენტრაცია უცვლელია;
2. ცივ წყალში უფრო მეტი ჰაერია გახსნილი, ვიდრე ცხელში;
3. ბუშტულებში ჰაერის გარდა არის სითხის ნაჯერი ორთქლი;
4. წყლის გათბობისას იზრდება ბუშტულებში არსებული ნაჯერი ორთქლის წნევა, რაც გარკვეული მომენტიდან ბუშტულის ზომის ზრდას იწვევს;
5. დუდილისას სითხეზე გადაცემული სითბოს რაოდენობა მთლიანად ხმარდება სითხის მოლეკულების ურთიერთმიზიდვის ძალების დაძლევის და მათ შორის მანძილის გაზრდას. სწორედ ამიტომ არ იზრდება სითხის ტემპერატურა დუდილისას;
6. სითხის დუდილის ტემპერატურა შეიძლება გავზარდოთ (შევამციროთ) სითხის ზედაპირზე გარე წნევის გაზრდით (შემცირებით).

### §1.19

1. ჰაერს, რომელიც წყლის ორთქლს შეიცავს, ტენიან ჰაერს უწოდებენ;
2. აბსოლუტური ტენიანობის გარდა ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა ჰაერის ტემპერატურაზეა დამოკიდებული;
3. მოცემულ ტემპერატურაზე ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობა ტოლია ამავე ტემპერატურაზე წყლის ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივის, რომელსაც შესაბამის ცხრილში შეიძლება ვიპოვოთ;
4. ფსიქომეტრის გამოყენებით ჯერ უნდა გამოვთვალოთ მშრალი და სველი თერმომეტრების ჩვენებათა სხვაობა. შემდეგ, ამ სხვაობითა და მშრალი თერმომეტრის ჩვენებით, სპეციალურ ფსიქრომეტრულ ცხრილში, ვიპოვით ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის მნიშვნელობას.

### §1.20

1. სითხის შიგნით არსებული მოლეკულა ზედაპირზე რომ მოხვდეს საჭიროა შესრულდეს მუშაობა მოლეკულათშორისი ძალების საწინააღმდეგოდ. შესაბამისად,



სითხის ზედაპირზე მყოფ მოლეკულებს მის შიგნით მყოფ მოლეკულებთან შედარებით უფრო მაღალი ენერგია აქვს;

2. სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა იზომება ნ/მ-ში;
3. სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა დამოკიდებულია სითხის გვარობაზე, მის ტემპერატურაზე, სითხეში ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების არსებობაზე, აგრეთვე იმ აირების თვისებებზე, რომელსაც სითხე ესაზღვრება.

#### §1.21

1. არადამასველებელი სითხისათვის დასველების კუთხე ბლაგვია;
2. სითხის ზედაპირის ფორმას ჭურჭლის გვერდის მახლობლად უწოდებენ მენისკს;
3. სითხის გამრუდებული ზედაპირის ზევით და მის ქვევით სითხეში წნევათა სხვაობის გამო წარმოქმნილ ჭარბ წნევას, ლაპლასის წნევას უწოდებენ;
4. კაპილარში სითხის აწევა მაშინ შეწყდება, როდესაც აწეულ სითხის სვეტზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მოდულით დაჭიმულობის ძალას გაუტოლდება.

## II თავი

#### § 2.1

1. მოცემულ ტემპერატურაზე სხეული ყველაზე ძლიერად იმ სპექტრული შდგენილობის ენერგიას შთანთქავს, რომელსაც იმავე ტემპერატურაზე თავად ასხივებს;
2. სხეულის ტემპერატურის ზრდისას გამოსხივებული ენერგიის მაქსიმუმი უფრო მოკლე ტალღებისკენ წაინაცვლებს;
3. „ულტრაიისფერი კატასტროფა“ მეცნიერებმა უწოდეს ულტრაიისფერ დიაპაზონში გამოსხივების ინტენსივობის მკვეთრ ვარდნას, რომელიც სტეფან-ბოლცმანის და ვინის კანონებით ვერ აიხსნა;
4. პლანკის ჰიპოთეზა იმაში მდგომარეობდა, რომ ატომები და მოლეკულები ელექტრომაგნიტურ ენერგიას ასხივებენ არა უწყვეტად, არამედ დისკრეტულად – პორციებით;
5. პლანკმა „კვანტი“ უწოდა ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ყოველ პორციას.

#### § 2.2

1. ფოტოდენს, რომელიც ელექტროდებს შორის პოტენციალთა სხვაობის ზრდისას უკვე აღარ იცვლება, ნაჯერობის ფოტოდენს უწოდებენ. ფოტოდენი ნაჯერობას მაშინ აღწევს, როდესაც სინათლის დასხივების შედეგად ამოტყორცნილი ყველა ელექტრონი ანოდს მიაღწევს;
2. შემაკავებელი ძაბვა არის ელექტროდებს შორის უარყოფითი ძაბვის ის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელზეც ფოტოდენი ნულს უტოლდება. შემაკავებელ ძაბვაზე ვერცერთი ფოტოელექტრონი ვერ აღწევს მეორე ელექტროდს და უკან ბრუნდება;
3. შემაკავებელი ძაბვის მოდული განსაზღვრავს ფოტოელექტრონების მაქსიმალურ კინეტიკურ ენერგიას;

4. ყველა ფოტოელექტრონის კინეტიკური ენერგია ერთნაირი იმიტომ არ არის, რომ სინათლის გამოსხივებიდან მიღებული ენერგიის ნაწილს ფოტოელექტრონები ნივთიერების შემადგენელ ნაწილაკებს გადასცემენ. ამ ნაწილაკებზე სხვადასხვა ფოტოელექტრონის მიერ გადაცემული ენერგია კი ერთმანეთისაგან განსხვავდება;
5. სინათლის სიხშირის ზრდასას შემაკავებელი ძაბვის მოდული წრფივად იზრდება.

### § 2.3

1. სინათლის ელექტრომაგნიტური თეორიის თანახმად, სინათლე წარმოადგენს უწყვეტ ელექტრომაგნიტურ ტალღას, რომელიც სინათლის წყაროდან ვრცელდება. სინათლის კვანტური თეორიის მიხედვით კი სინათლეს წყვეტილი ბუნება აქვს და ის ცალკეული პორციების, ანუ სინათლის კვანტების ნაკადს წარმოადგენს;
2. სინათლის კვანტური თეორიით სინათლის ინტენსივობის ზრდა მის ნაკადში სინათლის კვანტების—ფოტონების რაოდენობის ზრდას ნიშნავს;
3. სინათლის ელექტრომაგნიტური თეორიით სინათლის ინტენსივობის ზრდასთან ერთად უნდა გაიზარდოს ელექტრული ველის დამაბულობა ელექტრომაგნიტურ ტალღაში, შესაბამისად, უნდა იზრდებოდეს ელექტრონზე მოქმედი ძალა და ის უფრო დიდი სიჩქარით უნდა ამოიტყორცნოს ნივთიერებიდან. თუმცა, რეალურად ეს ასე არ არის—სინათლის ინტენსივობის ზრდასას ამოტყორცნილი ელექტრონების სიჩქარე არ იზრდება;

ასევე, ამ თეორიით, გამოსხივების ინტენსივობის ზრდასას ელექტრონზე მოქმედი ძალა იმატებს, ამიტომ დაბალი სიხშირის, მაგრამ დიდი ინტენსივობის სინათლემ ელექტრონების ამოტყორცნა მაინც უნდა გამოიწვიოს. სინამდვილეში არც ამ კანონზომიერებას აქვს ადგილი—დიდი ინტენსივობის დაბალი სიხშირის სინათლე ფოტოეფექტს ვერ იწვევს.

### § 2.4

1. სინათლის ტალღურ ბუნებას ადასტურებს სინათლის დიფრაქციისა და ინტერფერენციის მოვლენები;
2. მაქსველის ელექტრომაგნიტური თეორიის თანახმად, სხეულზე დაცემული სინათლის ტალღის ელექტრული ველის მოქმედებით თავისუფალი ელექტრონი ამოდრავდება ელექტრული ველის დამაბულობის  $\vec{E}$  ვექტორის საპირისპირო მიმართულებით. მოძრავ ელექტრონზე კი ტალღის მაგნიტური ველის მხრიდან იმოქმედებს ლორენცის  $\vec{F}_L$  ძალა, რომელსაც ტალღის გავრცელების მიმართულება ექნება. ელექტრონებზე მოქმედი ამ ძალების მოქმედებების შედეგად ვიღებთ სინათლის წნევას;
3. სინათლის კვანტური თეორიის თანახმად, სხეულზე დაცემული ფოტონების ნაწილი შთანთქმება, ნაწილი კი აირეკლება. როგორც შთანთქმული, ასევე არეკლილი ფოტონი სხეულს იმპულსს გადაცემს, რაც ზედაპირზე სინათლის წნევის წარმოქმნას იწვევს;
4. შთანთქმული ფოტონი ზედაპირს  $h\nu/c$  იმპულსს გადასცემს, არეკლილი კი  $2h\nu/c$  იმპულსს. შესაბამისად, არეკლილი ფოტონი ზედაპირს 2-ჯერ მეტ იმპულსს გადასცემს, ვიდრე შთანთქმული ფოტონი;
5. ლუი დე ბროილის ჰიპოთეზა იმაში მდგომარეობს, რომ კორპუსკულარულ-ტალღური დუალიზმი ახასიათებს არა მხოლოდ სინათლეს, არამედ ყველა

მიკროობიექტს: ელექტრონს, პროტონს და სხვა. ეს ჰიპოთეზა შემდგომ მრავალი ექსპერიმენტით დასაბუთდა.

## § 2.5

1. ატომის აგებულების ტომსონის მოდელის მიხედვით, დადებითი მუხტი ატომის მთელ მოცულობაში განაწილებილი იყო თანაბრად, ხოლო ელექტრონები მიმოფანტულნი იყვნენ მასში;
2. რეზერფორდმა ატომების ბომბარდირებისათვის  $\alpha$  ნაწილაკები იმიტომ აირჩია, რომ მათი მასა დაახლოებით 8000-ჯერ მეტია ელექტრონის მასაზე, ამიტომ ელექტრონებს არ შეეძლოთ  $\alpha$  ნაწილაკის ტრაექტორიის შესამჩნევი შეცვლა. მათი გაბნევა შეეძლო გამოეწვია მხოლოდ ატომის დადებით მუხტს. სწორედ ამიტომ,  $\alpha$  ნაწილაკების გაბნევის სურათის მიხედვით შეეძლო რეზერფორდს ემსჯელა ატომში დადებითი მუხტის განაწილების შესახებ;
3. ატომის ზომა  $10^{-8}$  სმ-ის რიგისაა, ბირთვისა კი  $10^{-12} \div 10^{-13}$  სმ-ის რიგის, ამიტომ ატომის ზომა ბირთვის ზომას  $10^4 \div 10^5$  -ჯერ აღემატება;
4. რეზერფორდის პლანეტარული მოდელი კლასიკურ ელექტროდინამიკასთან წინააღმდეგობაში იმიტომ აღმოჩნდა, რომ კლასიკური ელექტროდინამიკის კანონების თანახმად, ბირთვის გარშემო აჩქარებულად მოძრავი ელექტრონები უწყვეტად უნდა ასხივებდეს ელექტრომაგნიტურ ტალღებს, რის გამოც ელექტრონები უნდა კარგავდეს ენერგიას და ძალიან მცირე დროის შემდეგ უნდა დაეცეს ბირთვს. ე.ი. ატომი უნდა წყვეტდეს არსებობას, რაც სინამდვილეში არ ხდება.

## § 2.6

1. ბორის პირველი პოსტულატის თანახმად, ატომს შეიძლება ჰქონდეს მხოლოდ გარკვეული სიდიდის ენერგია, რაც ეწინააღმდეგება კლასიკურ მექანიკას, რომლის მიხედვით სხეულს ნებისმიერი ენერგია შეიძლება ჰქონდეს. პირველი პოსტულატი იმით ეწინააღმდეგება კლასიკური ელექტროდინამიკის კანონებს, რომ უშვებს ელექტრონების აჩქარებულ მოძრაობას ბირთვის გარშემო ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივების გარეშე;
2. ატომი ელექტრომაგნიტური ტალღის კვანტს მაშინ ასხივებს, როდესაც ის მაღალი ენერგიის მქონე სტაციონალური მდგომარეობიდან დაბალი ენერგიის მქონე სტაციონალურ მდგომარეობაში გადადის;
3. ატომს ძირითად მდგომარეობაში განუსაზღვრელად დიდხანს შეუძლია იმყოფებოდეს, აღზნებულ მდგომარეობაში კი  $\sim 10^{-8}$  წმ-ის განმავლობაში, საიდანაც ის ძირითად მდგომარეობას უბრუნდება;
4. წყალბადის ატომში ელექტრონის ბმის ენერგია უარყოფითი იმიტომ, რომ ატომის შექმნისას ენერგია გამოიყოფა.

## § 2.7

1. ატომის ბირთვში ნეიტრონების რაოდენობა მასური რიცხვისა და ელემენტის რიგითი ნომრის სხვაობის ტოლია;

2. ელემენტის ატომის ბირთვს იმავე სიმბოლოთი აღნიშნავენ, რითაც ელემენტს. სიმბოლოს მარცხენა დაბლა კუთხეში მას რიგით ნომერს უწერენ, მარცხენა ზედა კუთხეში კი—მასურ რიცხვს;
3. პროტონი წყალბადის ატომის ბირთვია;
4. ბირთვული ძალები ვლინდება ატომის ბირთვის ზომის თანრიგის მანძილებზე, ანუ  $10^{-14}$ —  $10^{-15}$ მ თანრიგის მანძილებზე;
5. ნუკლონებს შორის ურთიერთქმედება ძლიერი ტიპის ურთიერთქმედებაა.

## § 2.8

1. ბირთვული რეაქციების განხორციელება ნეიტრონებით უფრო ადვილი იმიტომია, რომ მუქტის არქონის გამო, ნეიტრონი არ განიზიდება ატომის ბირთვის მიერ და, შესაბამისად ბირთვშიც შედარებით უფრო ადვილად აღწევს, ვიდრე დადებითად დამუხტული ნაწილაკი;
2. ბირთვული რეაქცია ეგზოენერგეტიკულია, როდესაც მისი მიმდინარეობისას ენერგია გამოიყოფა; ენდოენერგეტიკული კი მაშინაა, როდესაც ენერგია შთაინთქმევა.

## § 2.9

1. ბირთვული რეაქციის დროს მასის ფარდობითი ცვლილება გაცილებით მნიშვნელოვანია, ვიდრე სათბური პროცესისას;
2. მაქსიმალური ბმის კუთრი ენერგია აქვს რკინას და პერიოდულ სისტემაში მის მახლობლად მოთავსებული ელემენტების ატომის ბირთვებს ( $A \approx 56$ );
3. ვინაიდან ბირთვის ბმის კუთრი ენერგიის ზრდა მსუბუქი ელემენტების შესაბამის უბანში მიმდინარეობს უფრო სწავად, ვიდრე მძიმე ელემენტებისაკენ მისი შემცირება, ამიტომ მსუბუქი ბირთვების სინთეზის რეაქცია უნდა მიმდინარეობდეს ენერგიის უფრო დიდი გამოსავლით, ვიდრე მძიმე ბირთვების გაყოფისა.

## § 2.10

1. რადიოაქტივობა ხასიათდება  $\alpha$ ,  $\beta$  და  $\gamma$  გამოსხივებებით;
2. პოზიტრონი დადებითი მუხტის მქონე ნაწილაკია, რომელის მასა ელექტრონის მასის ტოლია, ხოლო მუხტი მოდულით ელექტრონის მუხტის ტოლია. პოზიტრონი ელექტრონის ანტინაწილაკია, მას  ${}_{+1}^0e$  სიმბოლოთი აღნიშნავენ;
3. ბირთვში პროტონების რიცხვის ზრდა იწვევს ელექტრული განზიდვის ძალების ზრდას, რაც საჭიროა დაკომპერსიდეს ბირთვული მიზიდვის ძალებით ნეიტრონებს (და არა პროტონებს) შორის; სწორედ ამიტომ, ბირთვის სტაბილურობის შესანარჩუნებლად, მასში პროტონების რაოდენობის ზრდასთან ერთად საჭიროა ნეიტრონების რაოდენობის ზრდაც;
4.  $\alpha$  გამოსხივება ქალაღის ფურცელშიც კი ვერ გადის;  $\beta$  გამოსხივებისათვის რამდენიმე მმ სისქის ალუმინი გადაულახავი დაბრკოლებაა;  $\gamma$  სხივები რამდენიმე სანტიმეტრი სისქის ტყვიის ფენაშიც გააღწევს; ნეიტრონისათვის კი გადაულახავი დაბრკოლება ციური სხეულებიც კი არაა.

## § 2.11

1. ნივთიერების ნახევრად დაშლის პერიოდი არ არის დამოკიდებული აგრეგატულ მდგომარეობაზე, ნივთიერების რაოდენობაზე, დროზე, ადგილზე და პირობებზე, რომელშიც ის იმყოფება;
2. 1 ბეკერელი ისეთი რადიოაქტიური ნივთიერების აქტივობაა, რომელშიც 1 წმ-ში 1 ბირთვი დაიშლება;
3. რადიოაქტიური იზოტოპის სიცოცხლის საშუალო დრო გამოისახება ფორმულთ:  $t = 1,44T_{1/2}$ .

## § 2.12

1. მძიმე ბირთვებში ზმის კუთრი ენერგია დაახლოებით 1 მგევ-თი მეტია, ვიდრე მისი დაშლის შედეგად მიღებულ საშუალო სიმძიმის ბირთვებში. შესაბამისად, ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად, მძიმე ბირთვის ორ საშუალო სიმძიმის ბირთვად გაყოფისას, ენერგია გამოიყოფა;
2. სტაბილურ ბირთვების ატომური ნომრის ზრდასთან ერთად ნეიტრონების რაოდენობის ფარდობა პროტონების რაოდენობასთან იზრდება, ანუ ნეიტრონების ხვედრითი წილი ნუკლონების საერთო რაოდენობაში მატულობს. სწორედ ამიტომ, გაყოფის შედეგად მიღებულ საშუალო სიმძიმის ბირთვებში ნეიტრონების ხვედრითი წილი უფრო მეტი აღმოჩნდება, ვიდრე ეს დასაშვებია ამ ელემენტების ბირთვებისათვის. შედეგად, ზედმეტი ნეიტრონების გარკვეული ნაწილი (ერთი ბირთვიდან 2-3 ნეიტრონი) უშუალოდ დაშლის დროს გამოიტყორცნება;
3.  ${}^{238}_{92}\text{U}$ -ის ბირთვები იშლება მხოლოდ ჩქარი, 1 მგევ-ზე მეტი ენერგიის მქონე ნეიტრონებით. ასეთი ენერგია აქვს დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ნეიტრონების დაახლოებით 3/5 ნაწილს. მათგან, ხუთი ნეიტრონიდან დაახლოებით მხოლოდ ერთი იწვევს  ${}^{238}_{92}\text{U}$ -ის დაშლას. დანარჩენ ნეიტრონებს ეს იზოტოპი ჩაიჭერს, მაგრამ არ დაიშლება. სწორედ ამიტომ, ჯაჭვური რეაქცია ურანით, რომელიც მხოლოდ  ${}^{238}_{92}\text{U}$  იზოტოპს შეიცავს, შეუძლებელია;
4. ჯაჭვური ბირთვული რეაქციის სტაბილური მიმდინარეობისათვის ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი ერთის ტოლი უნდა იყოს.

პარაგრაფებისა და შემავალი ამოცანების ამოხსნები

1.2.9

$$V = a^3; \quad m = \rho V; \quad N = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

1.2.10

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A; \quad \frac{N_1}{N} = \frac{t_1}{t}; \quad N_1 = \frac{N}{24}$$

1.5.6

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{3}; \quad n = \frac{N}{V}; \quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2}; \quad V_2 = 3V_1;$$

1.5.7

$$\Delta\rho = \frac{2}{3} \Delta\bar{E}_{306}; \quad n = \frac{3 \cdot \Delta P}{2 \cdot \Delta E_{306}}$$

1.5.10

$$P_1 = \frac{1}{3} m_0 v_2 \cdot n_1; \quad P_1 = \frac{1}{3} m_0 \bar{V}_2 \frac{N_1}{V_1}; \quad P_1^1 = \frac{1}{3} m \bar{V}^2 \frac{N_1}{V_1 + V_2};$$

$$\frac{P_1^1}{P_1} = \frac{V_1}{V_1 + V_2}; \quad P_1^1 = P_1 \cdot \frac{V_1}{V_1 + V_2}; \quad P_2^1 = P_2 \cdot \frac{V_2}{V_1 + V_2};$$

$$P = P_1^1 + P_2^1 = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

1.6.7

$$n = \frac{N}{V}; \quad n_2 = S \cdot n_1; \quad P_1 = n_1 K T_1; \quad P_2 = n_2 K T_2;$$

$$5n_1 L T_2 = 10n \cdot K T_1; \quad T_1 = \frac{5T_2}{10} = 300K$$

1.6.9

$$P = P_1 + P_2; \quad P = nKT; \quad n = \frac{N}{V}; \quad N = \frac{m}{M} \cdot N_A;$$

$$P_1 = \frac{m_1}{M_1 V} \cdot N_A \cdot K \cdot T; \quad P_2 = \frac{m_2}{M_2 V} \cdot N_A \cdot K T;$$

1.6.10

$$P_1 = n_1 K T; \quad P_2 = 2n_1 K T_2$$

$$P_2 = 2 \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot P_1 = 10^5 \text{პა}$$

1.7.5

$$\bar{v}_1 = \sqrt{\frac{3kT}{m_{01}}} ; \bar{v}_2 = \sqrt{\frac{3kT}{m_{02}}} ; \frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} = \sqrt{\frac{m_{02}}{m_{01}}} ; \bar{v}_2 = \bar{v}_1 \sqrt{\frac{m_{01}}{m_{02}}}$$

1.7.10

$$\bar{v} = \frac{2\pi n(R-r)}{s} * R ; v_{\bar{v}} = 2\pi R n ; 2\pi n = \frac{v_{\bar{v}}}{R} ; \bar{v} = \frac{v_{\bar{v}}(R-r)}{s}$$

1.8.7

$$p_1 = p_0 ; V_1 = V_{\delta 1} + N * V_{\phi} ; N_2 = \frac{t_2}{t_1} = 16 ; V = V_{\delta 2} ; T_1 = T_2 ;$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} ; p_1 (V_1 + N * V_1) = p_2 * V_2 ; p_2 = p_0 \frac{V_{\delta 1} + 16 * V_{\phi}}{V_{\delta 2}}$$

1.8.8

$$P_1 = P_0 + \rho g h ; P_2 = P_0 ; \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} ; V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2} ;$$

1.8.9

$$P_1 = P_0 = \rho_{3\bar{v}y} g h_{3\bar{v}y} ; V_1 = s \cdot h_1 ; T_1 = T ; P_2 = P_0 + \frac{mg}{s} ;$$

$$v_2 = S \cdot h_2 ; T_2 = 102\% \cdot T ; \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} ;$$

1.8.10

$$P_1 = P_0 + \rho_{3\bar{v}y} g h_{3\bar{v}y} ; V_1 = S \cdot h_1 ; P_2 = P_0 + P_{3\bar{v}y} g \frac{h_{3\bar{v}y}}{2}$$

$$V_1 = S \cdot h_2 ; \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} ;$$

1.9.8

$$P = P_1^1 + P_2^1 ; P_1 V_1 = P_1^1 (V_1 + V_2) ;$$

$$P_1^1 = \frac{P_1 V_1}{V_1 + V_2} ; P_2 V_2 = P_2^1 (V_1 + V_2) ;$$

$$P_2^1 = \frac{P_2 V_2}{V_1 + V_2} ; P = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_1 + V_2} ;$$

1.9.10

$$P_1 = 10 \text{კპა} ; V_1 = 2 \text{ლ} ; T_1 = 150 \text{K} ;$$

$$P_2 = 10 \text{კპა} ; V_2 = 12 \text{ლ} ; T_2 = 900 \text{K} ;$$

$$P_3 = \frac{10}{6} \text{კპა} ; V_2 = 12 \text{ლ} ; T_3 = 150 \text{K} ;$$



1.10.7

$$T_1 = 280\text{K}; \quad T_2 = 4T_1 = 112\text{K};$$

$$\Delta u = \frac{2}{3} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T$$

1.10.10

$$Q_1 = q_{\text{бэ}} \cdot m_{\text{бэ}}; \quad Q_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{m_5}{M} R \Delta T$$

$$Q_2 = Q_1 \cdot 92\%$$

1.11.9

$$A = \text{эвэртотбдо}; \quad A = \frac{2P_2 + 4P_0}{2} \cdot 4V_0;$$

$$A = 12P_0 V_0$$

1.11.10

$$\Delta u_{1-2} = \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) = -4.5P_0 V_0$$

$$\Delta u_{2-3} = \frac{3}{2}(P_3 V_3 - P_2 V_2) = 3P_0 V_0$$

$$\Delta u_{3-1} = \frac{3}{2}(P_1 V_1 - P_3 V_3) = 1.5P_0 V_0$$

$$A_{1-2} = 0$$

$$A_{2-3} = P_2(V_3 - V_2) = 2P_0 V_0$$

$$A_{3-1} = -\frac{P_0 + 4P_0}{2} \cdot 2V_0 = -5P_0 V_0$$

1.12.10

$$Q = A + \Delta u$$

$$\Delta u_{1-2} = \frac{5}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) = 50P_0 V_0;$$

$$A_{1-2} = 4P_0 \cdot 5V_0 = 20P_0 V_0;$$

$$Q_{1-2} = 70P_0 V_0;$$

$$\Delta u_{2-3} = \frac{5}{2}(P_3 V_3 - P_2 V_2) = -45P_0 V_0;$$

$$A_{2-3} = 0$$

$$Q_{2-3} = -45P_0 V_0$$

1.13.4

$$A = \frac{m}{M} R \Delta T; \quad \Delta u = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T;$$

$$\Delta u = 1.5 \cdot A$$

1.13.5

$$Q = A + \Delta u; \quad A = \frac{m}{M} R \Delta T; \quad \Delta u = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T$$

$$A = 2,833\text{kJ} \quad Q = 9,833\text{kJ}$$

1.13.9

$$Q_1 = c_p \cdot m \cdot \Delta t; \quad Q_2 = A + \Delta u;$$

$$A = \frac{m}{M} R \Delta T; \quad \Delta u = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T;$$

$$Q = \frac{7}{2} \cdot A;$$

1.13.10

$$c_p \cdot m \cdot \Delta T = \frac{m}{M} R \Delta T + c_v = c_p - \frac{R}{M};$$

1.15.9

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}; \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1};$$

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1};$$

1.5.10

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}; \quad \eta = \frac{A_{\text{всб}}}{Q_{\text{всб}}} =; \quad Q_{\text{всб}} = q \cdot m;$$

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{A_{\text{всб}}}{q \cdot m};$$

1.19.9

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{всх}}}; \quad \rho_1 = \varphi_1 \cdot \rho_{\text{всх}}(22);$$

$$\rho_2 = \varphi_2 \cdot \rho_{\text{всх}}(22); \quad m_2 = (\rho_2 - \rho_1) \cdot V;$$

1.19.10

$$\rho_1 = \varphi_1 \cdot \rho_{\text{всх}}(28); \quad \rho_2 = \varphi_2 \rho_{\text{всх}}(28)$$

$$\varphi_2 = 100\%; \quad m_1 = \rho_1 V_1; \quad m_2 = \rho_2 V_2;$$

$$\Delta m = m_1 - m_2;$$

1.21.9

$$h_1 = \frac{2\sigma_1}{\rho_1 g r}; \quad \frac{g r}{2} = \frac{\sigma_1}{h_1 \cdot \rho_1}; \quad \frac{g r}{2} = \frac{\sigma_2}{h_2 \cdot \rho_2};$$

$$\frac{\sigma_1}{h_1 \cdot \rho_1} = \frac{\sigma_2}{h_2 \cdot \rho_2}; \quad h_2 = h_1 \frac{\rho_1 \cdot \sigma_2}{\rho_2 \cdot \sigma_1};$$

1.21.10

$$F_1 = \sigma \cdot 2\pi r = \sigma \cdot \pi d; \quad F_2 = mg = \rho V g;$$

$$\sigma \pi d = \rho V g; \quad V = \frac{\sigma \pi d}{\rho g};$$

I თავის შემაჯამებელი ამოცანები.

N2

$$Q = Lm; \quad m = \frac{Q}{L}; \quad N = \frac{m}{M} N_A;$$

N4

$$N = \nu \cdot N_A; \quad n = \frac{N}{V}; \quad P = \frac{2}{3} \overline{E_{306}} \cdot n;$$

$$\overline{E_{306}} = \frac{3P}{2n};$$

N8

$$PV = \frac{m}{M} RT = \frac{\rho V}{M} RT; \quad P = \frac{\rho}{M} RT;$$

$$\rho = \frac{\rho M}{RT};$$

N9

$$V_1 = 96 \cdot V_{\text{ვ0}}; \quad P_1 = P_0; \quad V_2 = V_3;$$

$$P_2 = 12P_0; \quad T_2 = 290K;$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2};$$

N10

$$V_1 = V; \quad P_1 = P; \quad V_2 = V + \Delta V;$$

$$P_2 = P \cdot 60\%; \quad PV = 0.6P(V + \Delta V);$$

$$0.4V = 0.6 \cdot \Delta V; \quad V = 3.75 \text{ ლ};$$

N11

$$P_1 = P_0; \quad V_1 = Sh_1; \quad P_2 = P_0 + \rho gh_2;$$

$$V_2 = Sh_2; \quad P_1 V_1 = P_2 V_2;$$

$$P_0 \cdot Sh_1 = (P_0 + \rho gh_2) \cdot Sh_2;$$

$$h_{\text{ვყ}} = h_1 - h_2; \quad m_{\text{ვყ}} = \rho gh_{\text{ვყ}};$$

N12

$$\rho = \text{const}; \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad \frac{Sh_1}{T_1} = \frac{Sh_2}{T_2};$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}; \quad \Delta h = h_2 - h_1 = 34\text{სმ};$$

N13

$$\rho = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_1 + V_2} = 6.2 P_0 V_0$$

N14

$$P = \text{const} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad F_s = mg;$$

$$\rho_3 V_2 g = mg; \quad V_2 = \frac{m}{\rho_3}; \quad T_2 = \frac{m \cdot T_1}{\rho_3 \cdot V_1};$$

N18

$$U = \frac{3}{2} P_2 V; \quad V = \text{const}; \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2};$$

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_1 T_2}{T_1} V;$$

N20

$$PV^2 = a; \quad P = \frac{a}{v^2}; \quad u = \frac{3}{2} \rho V;$$

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{a}{v}; \quad u - \text{მცირდება.}$$

N23

A = ფართობი

N27

$$C_V = V_P - \frac{R}{M};$$

N35

$$F_1 = mg = \rho Vg = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot g;$$

$$F_2 = \sigma l$$

$$F_1 = F_2; \quad \sigma \cdot \pi d = \frac{4}{3} \pi \cdot \rho \cdot g;$$

2.9.10

$$m_\alpha = 4 \text{ მკე};$$

$$E_{\delta\theta} = (2m_p + 2m_n - m_{\delta\theta})c^2;$$

$$N = \frac{m}{M} N_A; \quad E_u = E_{\delta\theta} \cdot N;$$

2.11.10

$$T_{\frac{1}{2}} = 1600 \text{ წ}; \quad N_0 = \frac{m}{M} N_A;$$

$$N_1 = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = \frac{N_0}{8}; \quad N_2 = N_0 \frac{7}{8};$$

II თავის შემაჯამებელი ამოცანები

N8

$$h \frac{c}{\lambda} = u \cdot e; \quad \lambda = \frac{u \cdot e}{h \cdot c};$$

N12

$$P \cdot t = h \frac{c}{\lambda} \cdot N; \quad \lambda = \frac{P \cdot t}{hcN}$$

N13

$$hv_{\text{ფ.ს}} = A; \quad hv = A + \frac{mv^2}{2};$$

$$hv = 3A; \quad hv = 3hv_{\text{ფ.ს}};$$

$$v = 3v_{\text{ფ.ს}}$$

N20

$$P = (1+R) \frac{nh\nu}{c}; \quad n = \frac{P \cdot c}{(1+R)h\nu}$$

N28

$$E_1 = \frac{mv^2}{2}; \quad E_2 = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{4mv_1^2}{2} + k \frac{4q^2}{R};$$

$$E_1 = E^2;$$

$$P_0 = mv; \quad P = mv_1 + 4mv^1 = 5mv_1;$$

$$\begin{cases} \frac{mv_5^2}{2} + \frac{5mv_1^2}{2} + k\frac{4q^2}{R} \\ mv = 5mv_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{mv_1^2}{2} + \frac{5mv_1^2}{50} + k\frac{4q^2}{R}; \\ v_1 = \frac{v}{5} \end{cases} \quad \begin{cases} R = \frac{10k1^2}{mv^2}; \\ v_1 = \frac{v}{5} \end{cases}$$

III თავის ამოცანებში

N2

$$FO = \frac{R-r}{2}; \quad FB = \frac{R+r}{2};$$

$$b^2 = (FB)^2 - (FO)^2 = \frac{(R+r)^2 - (R-r)^2}{4};$$

$$b^2 = \frac{4Rr}{4}; \quad b = \sqrt{Rr};$$

N18

$$\frac{mv^2}{2} - G\frac{Mm}{R} = 0; \quad v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}};$$

## საგანმანათლებლო ლექსიკონი

**ანალიზი** – ანალიზი არის სააზროვნო უნარ-ჩვევა, რომლის დროსაც ხდება მთლიანი საგნის ცალკე ნაწილების, მხარეებისა და თვისებების გამოყოფა ადამიანის წარმოდგენაში. ცნობიერებაში მთლიანი საგნის ასეთ დაშლას ანალიზი ეწოდება.

ბ. ბლუმის მიხედვით, ანალიზი არის აზროვნების ზედა დონის უნარ-ჩვევა და მასში იგულისხმება:

მასალის (სტრუქტურის) შემადგენელ ნაწილებად დაყოფა: ნაწილების შედარება-შეპირისპირება, ნაწილებს შორის კავშირის ან სტრუქტურის დანახვა;

**გაკვეთილის აქტივობა** – აქტივობა არის მასწავლებლის მიერ დაგეგმილი მოსწავლეების ის ქმედებები, რომლებიც სასწავლო მიზნის მიღწევას ემსახურება. მიზნიდან გამომდინარე, მასწავლებელმა შეიძლება დაგეგმოს ერთი ან რამდენიმე აქტივობა და, ასევე, მათი ჩატარების თანამიმდევრობა.

**გაკვეთილის გეგმა (სცენარი)**– მასწავლებელი ადგენს გაკვეთილის გეგმას, რომელიც განსაზღვრავს გაკვეთილის სტრუქტურას. გაკვეთილის გეგმას გაკვეთილის სცენარსაც უწოდებენ. გაკვეთილის გეგმა მოიცავს გაკვეთილის მიზანს, შესაბამის აქტივობებს, მოსწავლეთა ორგანიზების ფორმას, დროის განაწილებას, რესურსების ჩამონათვალს და შეფასებას. გაკვეთილის ყოველი აქტივობის შესრულება (როგორც მასწავლებლის, ისე მოსწავლისა) გაწერილი უნდა იყოს დროში.

**გაკვეთილის სასწავლო მიზანი** – სასწავლო მიზანი არის იმ ცოდნისა და უნარ-ჩვევების ერთობლიობა, რომელსაც უნდა მივაღწიოთ გაკვეთილის ბოლოს. სასწავლო მიზანი მასწავლებლისთვის სასწავლო პროცესის დაგეგმვის მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტია და იგი განსაზღვრავს გაკვეთილის სასწავლო აქტივობის შინაარსს. გაკვეთილის მიზანი წარმოადგენს გაკვეთილის სპეციფიკურ, გაზომვად შედეგს.

**გამოყენება** – ბ. ბლუმის მიხედვით, გამოყენება განიხილება, როგორც აზროვნების ქვედა დონის უნარ-ჩვევა და, ზოგადად, იგი გულისხმობს ადრე ათვისებული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენებას; კერძოდ: ცოდნის სხვადასხვა სიტუაციაში (კონტექსტში) მოხმარებას; მოდელის მიხედვით (ნასწავლი წესის მიხედვით) დავალების, სამუშაოს შესრულებას; პროცედურის განხორციელებას; კანონზომიერების მოქმედების ფარგლების განსაზღვრას.

**განმავითარებელი შეფასება** – განმავითარებელი შეფასება ემსახურება მოსწავლეთა სწავლის პროცესისა და წარმატებების გაუმჯობესებას. განმავითარებელი შეფასების დროს მოსწავლე, მასწავლებლის გამოხმაურებისა და კომენტარების დახმარებით, მუდმივად იღებს ისეთ ინფორმაციას, რომელიც საკუთარი სწავლის გათვითცნობიერებაში ეხმარება. მასწავლებლის მიზანია: ასწავლოს მოსწავლეს, როგორ ისწავლოს (სწავლის სწავლება).

**განმსაზღვრელი შეფასება** – მისი მიზანია მოსწავლეთა მიღწევების დონის შემოწმება სასწავლო მიზნებთან შეფარდებით. მაგ., განმსაზღვრელი შეფასებაა ქულა, რომელსაც მასწავლებელი წერს გაკვეთილის დროს და რომელსაც თან არ ახლავს განმარტება, თუ რა უნდა გაკეთდეს იმისთვის, რომ შედეგი გაუმჯობესდეს. განმსაზღვრელი შეფასება ტარდება სემესტრის ბოლოს, თემის დამთავრების შემდეგ, წლის ბოლოს და ა. შ.

**განსაკუთრებული საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე მოსწავლეები** – მოსწავლეები, ხშირად შეზღუდული შესაძლებლობების მქონე პირები, რომლებიც ინდივიდუალური სასწავლო გეგმის მიხედვით სწავლობენ, რადგანაც განსაკუთრებული და სპეციფიკური საგანმანათლებლო საჭიროებები აქვთ. განსაკუთრებული საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე მოსწავლეების ჩართვა საგანმანათლებლო პროცესში ინკლუზიური განათლების ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა.

**დაკვირვების ჩანაწერები** – მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეებს (მათი კომენტარები, აზრები, ქცევები) არა მხოლოდ კლასში, არამედ დასვენებაზე, სათამაშო მოედანზე და ა. შ. იგი აკეთებს ჩანაწერებს, გარკვეულ აღნიშვნებს მათ შესახებ. ამგვარი ჩანაწერები განმავითარებელი (მიმდინარე) შეფასების მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს და კარგად აჩვენებს მოსწავლეების დროში განვითარებას.



**დიაგნოსტიკური შეფასება** – დიაგნოსტიკური შეფასება განმავითარებელი (მიმდინარე) შეფასების კომპონენტად განიხილება. დიაგნოსტიკური შეფასების დროს ხდება მოსწავლის გარკვეული მომენტისათვის არსებული ცოდნის დონის და უნარ-ჩვევების შეფასება, რათა ზუსტად დაიგეგმოს სწავლის პროცესი მოსწავლის სუსტი და ძლიერი მხარეების გათვალისწინებით.

**დისკუსია** – არის წამყვანსა და მსმენელებს შორის ცოდნის, შეხედულებებისა და იდეების სიტყვიერი გაცვლის პროცესი. დისკუსიას მსჯელობასაც უწოდებენ. საკლასო დისკუსია ეხმარება მოსწავლეებს საკითხის ღრმა და დეტალურ განხილვაში. კერძოდ, საკლასო დისკუსიის დროს იქმნება ისეთი ატმოსფერო, რომელშიც მოსწავლეებს შეუძლიათ აზრების ურთიერთგაზიარება, ახალი იდეების გამოთქმა, სხვისი აზრების მოსმენა და გაგება, კომუნიკაციისა და თვითგამოხატვის უნარ-ჩვევების გაუმჯობესება.

**დისკუსიის წარმართვა და დასკვნების შეჯამება** – მოსწავლეების წახალისება, რათა მათ გამოთქვან თავიანთი იდეების გამამყარებელი არგუმენტები;

ნაკლებაქტიური მოსწავლისათვის სპეციფიკური დავალების მიცემა, რაც ხელს შეუწყობს მის მონაწილეობას, ჩართვას დისკუსიაში; ისეთი მოსწავლის შეზღუდვა, რომელიც სხვას არ აძლევს აზრის გამოთქმის საშუალებას; განხილული საკითხების შეჯამება და ძირითადი აზრების ჩამოყალიბება; მოსწავლეების იდეების განმარტება და მოსწავლეებისაგან დამატებითი კომენტარების მოთხოვნა.

**ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ცოდნა** – შეიძლება განისაზღვროს, როგორც ციფრული ტექნოლოგიების, საკომუნიკაციო საშუალებებისა და/ან ქსელების გამოყენების უნარი მათი დანიშნულების შესაბამისად. ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები (ისტ) იძლევა სასურველი ინფორმაციის მოპოვების, შენახვის, ერთმანეთთან დაკავშირების, შეფასების, ანალიზის, ახლის შექმნისა და გადაცემის შესაძლებლობას. ისტ-ის სწავლება მოწყვეტილი არ არის სასწავლო დისციპლინების კონტექსტს.

**ინფორმაციის მოძიების პროცედურების ცოდნა** – კონკრეტულ მონაცემებთან მუშაობის ხერხების და საშუალებების ცოდნა: ა) წესებისა და კანონების ცოდნა; ბ) კლასიფიკაციებისა და კატეგორიების ცოდნა; გ) კრიტერიუმების ცოდნა; დ) მეთოდების ცოდნა; სმენითი, წერილობითი და გრაფიკული ინფორმაციის დამახსოვრება და გახსენება მსგავსი ან ზუსტი ფორმით.

**ინდიკატორი** - მაჩვენებელი, რომელიც განსაზღვრავს, რამდენად არის მიღწეული მიზანი.

**კონსტრუქტივიზმი** – სასწავლო თეორია, რომლის თანახმად, მოსწავლე აქტიურად სწავლობს სამყაროში არსებული გამოცდილების საფუძველზე და აშენებს ცოდნას, ანუ ახდენს ცოდნის კონსტრუირებას (პიაჟე), სოციალური კონსტრუქტივიზმის მოდელით (ვიგოტსკი) მოსწავლე აქტიურად სწავლობს უფროსებთან, მასწავლებელთან ურთიერთობით.

**კეთებით სწავლება** – კეთებით სწავლების ანუ პრაქტიკის მეთოდის გამოყენების დროს ხდება ზუსტი ინსტრუქციის მიწოდება ექსპერიმენტის ან სიმულაციისთვის და არა ინფორმაციის მიწოდება. იგი მიზნად ისახავს, რომ მოსწავლეებმა შეასრულონ ისეთი ქმედებები, რომლებიც ხელს უწყობს ცოდნის ან ჩვევის ფორმირებას. პრაქტიკის დროს მასწავლებელი აქტიურად იყენებს გამოხმაურებას (უკუკავშირს), რაც ხელს უწყობს იმას, რომ მოსწავლის პრაქტიკა იყოს აზრიანი და მან მართლაც გააცნობიეროს ის, რასაც აკეთებს და - არა ავტომატურად (მექანიკურად).

**კრიტიკული აზროვნება** – კრიტიკული აზროვნება არის რთული სააზროვნო უნარ-ჩვევა, რომელიც მოიცავს ერთდროულად ორ ან მეტ განსხვავებულ მოსაზრებაზე ფიქრს, სხვადასახვა მოსაზრების გაგებას, რაიმე შეხედულების დასაბუთებას სხვადასხვა მიდგომის საფუძველზე და იმის გაცნობიერებას, რომ სხვასაც შეიძლება საკუთარი განსხვავებული მოსაზრება ჰქონდეს. კრიტიკულ აზროვნებას ადამიანი მიმართავს არსებული ან წარმოდგენილი მოსაზრების „ჭეშმარიტი“ ღირებულების დასადგენად. კრიტიკული აზროვნების დროს არსებითი არგუმენტების და კონტრარგუმენტების მოძიება, მთლიანი სიტუაციის გაანალიზება და, შესაბამისად, არსებული მტკიცებულებების საფუძველზე მოსაზრების შეცვლა ან ახალი მოსაზრების მიღება.

**სწავლის მოტივაცია** – ყველა აქტივობას უდევს საფუძვლად. მოტივაცია არის ქცევის განხორციელების ფსიქოლოგიური საფუძველი. რაც უფრო მეტად მოტივირებულნი არიან მოსწავლეები, მით მეტია სწავლის ხარისხი, რაც ნაკლებად არიან მოტივირებულნი, შესაბამისად, სწავლის ხარისხიც იკლებს. არსებობს შინაგანი და გარეგანი მოტივაცია. მოსწავლის სასწავლო აქტივობები შეიძლება განპირობებული იყოს მისი შინაგანი ან გარეგანი მოტივაციით.

**სტრატეგია** – მიზნის მისაღწევად გადაწყვეტი ოპერაციების მომზადების, დაგეგმვის, წარმოების, ხელმძღვანელობის ხელოვნება, ოსტატობა.

**შემოქმედებითი აზროვნება** – შემოქმედებითი აზროვნება არის რთული სააზროვნო უნარ-ჩვევა. იგი არის რაიმეს ახალი გზით კეთება ან დანახვა; შემოქმედებითი აზროვნება ხასიათდება იდეების მრავალრიცხოვნებით, მრავალფეროვნებით (მოქნილობა, საკითხის სხვადასხვა კუთხით დანახვა), მათი სიახლით (ორიგინალობით) და გარდაქმნის უნარით (ძველი იდეების საფუძველზე ახლის შექმნა).

**შეფასების გამჭვირვალობა** – გამჭვირვალობის პრინციპი ისაა, რომ მასწავლებელი მოსწავლეებს წინასწარ უნდა შეუთანხმდეს, თუ რა კრიტერიუმებით ან ინსტრუმენტებით (მაგ., შეფასების ცხრილებით, რუბრიკებით) შეფასდება მისი ნაშრომი.

**შეფასების მიზანთან შესაბამისობა (ვალიდურობა)** – შეფასება ზუსტად უნდა ზომავდეს იმას, რის შესაფასებლადაც ის არის განსაზღვრული. შეფასების მიზანს წარმოადგენს შედეგის გაზომვა, ამიტომ შეფასების მეთოდი უნდა შეირჩეს მიზნის შესატყვისად.

**შეფასების ობიექტურობა** – შეფასება არის ობიექტური, როდესაც შეფასების შედეგი არ არის დამოკიდებული შემფასებლის პიროვნულ თვისებებსა და დამოკიდებულებებზე. იგი დამოკიდებულია შეფასების სქემასა და ინსტრუმენტებსა და ნაკლებად იმ ადამიანებზე, რომლებიც შეფასებაში მონაწილეობენ. თუ შეფასების რუბრიკა იმდენად ზოგადია, რომ შესაძლებელია ერთი და იგივე ნაშრომი სხვადასხვაგვარად შეფასდეს, მაშინ ობიექტურობა ნაკლებად არის დაცული და შესაძლებელია, შეფასება სუბიექტური მოსაზრებებიდან გამომდინარე ხორციელდებოდეს.

**შეფასების სანდოობა** – შეფასების კიდევ ერთი პრინციპია; შეფასება შეიძლება იყოს ობიექტური, მაგრამ არ იყოს სანდო. სანდოობა ნიშნავს, რომ შეფასების შედეგები არის განმეორებადი. ამ უკანასკნელს კი უზრუნველყოფს მკაფიო შეკითხვები, ინსტრუქციები, ერთგვაროვანი გარემო და ზუსტად შერჩეული გასაზომი კრიტერიუმები.

**შეფასების ცხრილი (რუბრიკა)** – რუბრიკა არის მკაცრად განსაზღვრული კრიტერიუმებისა და მათი გამოყენების წესების ერთობლიობა, რომლის მიხედვითაც მასწავლებელი აფასებს მოსწავლის აკადემიურ მოსწრებას ამა თუ იმ დისციპლინაში. როგორც წესი, შეფასების სქემებს, რუბრიკებს ცხრილის ფორმა აქვს. ცხრილის პირველ სვეტში მოცემულია სხვადასხვა კომპონენტი, რომელთა მიხედვითაც ხდება მოსწავლის მოსწრების შეფასება.

**შეფასების ძირითადი პრინციპები** – შეფასება სასწავლო პროცესის განუყოფელ ნაწილს შეადგენს. ის მიზანმიმართული, სისტემური და თანამიმდევრული პროცესია. მისი მთავარი დანიშნულებაა, ერთი მხრივ, სწავლების ეფექტიანი გაუმჯობესება და, მეორე მხრივ, სწავლა/სწავლების შედეგების შემოწმება-შეფასება.

**ცოდნა** – ცოდნა ნიშნავს რაიმეს შესახებ ინფორმაციის ქონას და რაიმე საქმის ან მოქმედების შესასრულებლად საჭირო ხერხების ფლობას. ბ. ბლუმის მიხედვით, ცოდნა განიხილება, როგორც აზროვნების ქვედა დონის უნარ-ჩვევა და მასში იგულისხმება: ფაქტების, წესების, პრინციპების, თეორიების, თარიღების, პროცესების, ობიექტების, სტილის, მოვლენების ცნობა და დასახელება, კონკრეტული მონაცემების, ტერმინოლოგიის, პროცედურების ცოდნა.

## მათემატიკა ფიზიკისათვის

ძირითადი მათემატიკური საკითხები, რომელთა ცოდნა აუცილებელია მოცემული სახელმძღვანელოს მიხედვით ფიზიკის მე-10 კლასის კურსის შესასწავლად და ამოცანების ამოსახსნელად,

მრავალნიშნა რიცხვების შეკრება, გამოკლება, გამრავლება, გაყოფა;

მოქმედებები წილადებსა და ათწილადებზე;

რიცხვის პროცენტის პოვნა და პროცენტის მიხედვით რიცხვის მოძებნა;

შეფარდების ცნება და მისი გამოყენება;

შებრუნებული რიცხვის მოძებნა;

დიაგრამების დახაზვა და წაკითხვა;

პირდაპირპროპორციული და უკუპროპორციული დამოკიდებულებები;

ხარისხის ცნება;

რიცხვის სტანდარტული სახით ჩაწერა;

ათწილადების დამრგვალება;

გამოსახულების გარდაქმნა და წრფივი და კვადრატული განტოლების ამოხსნა;

წრფივი და კვადრატული ფუნქცია, მათი გრაფიკები

ტრიგონომეტრია (მახვილი კუთხის სინუსი, კოსინუსი, ტანგენსი, კოტანგენსი)

მრავალკუთხედი, კუთხე, გვერდი;

პარალელოგრამი, დიაგონალი, სამკუთხედი, პითაგორას თეორემა.

მოქმედებები ვექტორებზე

ხელსაწყოების (სახაზავი, ტრანსპორტირი, ფარგალი) გამოყენება.

## დანართები

### დანართი 1. შეფასება

რას ითვალისწინებს შეფასების თითოეული კომპონენტი

#### საშინაო დავალება

დავალების ტიპები: საშინაო ექსპერიმენტი, დაკვირვება ობიექტებსა და პროცესებზე, ინფორმაციის მოძიება, კონცეპტუალური რუკის შედგენა, მოდელირება, რეფერატის მომზადება და სხვა. ფასდება შემდეგი უნარები:

1. სააზროვნო უნარ-ჩვევები;
2. კვლევის უნარ-ჩვევები;
3. პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევები;
4. თვითმართვის უნარ-ჩვევები.

#### საკლასო დავალება

დავალების ტიპები: საკითხის განხილვა/დისკუსია, ექსპერიმენტი, მონაცემების აღრიცხვა/დამუშავება, მოდელირება და სხვა. ფასდება შემდეგი უნარები:

1. სააზროვნო უნარ-ჩვევები;
2. კვლევის უნარ-ჩვევები;
3. პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევები;
4. სოციალური უნარ-ჩვევები;
5. კომუნიკაციის უნარ-ჩვევები;
6. თვითმართვის უნარ-ჩვევები.

#### შემაჯამებელი დავალება

**სასწავლო წლის განმავლობაში ჩასატარებელია 5 შემაჯამებელი სამუშაო.**

შემაჯამებელი დავალების კომპონენტი უკავშირდება სწავლების შედეგს. ამ კომპონენტში უნდა შეფასდეს ერთი სასწავლო მონაკვეთის (თემა, თავი, პარაგრაფი, საკითხი) შესწავლა-დამუშავების შედეგად მიღწეული შედეგები. კონკრეტული სასწავლო ერთეულის დასრულებისას მოსწავლემ უნდა შეძლოს საგნის სტანდარტით განსაზღვრული ცოდნისა და უნარების წარმოჩენა. შესაბამისად, შემაჯამებელი დავალებები უნდა აფასებდეს სტანდარტით განსაზღვრული შედეგების მიღწევის დონეს.

სტანდარტის მოთხოვნათა შესაფასებლად რეკომენდებულია შემაჯამებელ დავალებათა მრავალფეროვანი ფორმის გამოყენება. საბუნებისმეტყველო საგნების შემაჯამებელ დავალებათა ტიპები შეიძლება იყოს: ტესტი, სხვადასხვა ტიპის სავარჯიშო,

საველე/გასვლითი სამუშაო, მოდელირება, პროექტი, პრეზენტაცია და სხვა.

#### ფასდება შემდეგი უნარები:

1. სააზროვნო უნარ-ჩვევები;
2. კვლევის უნარ-ჩვევები;
3. პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევები;
4. კომუნიკაციის უნარ-ჩვევები;
5. სოციალური უნარ-ჩვევები;
6. თვითმართვის უნარ-ჩვევები.

მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს შემაჯამებელი დავალებები;

დავალების თითოეულ ტიპს უნდა ახლდეს შეფასების ზოგადი რუბრიკა;

ზოგადი რუბრიკა უნდა დაზუსტდეს კონკრეტული დავალების პირობისა და განვლილი მასალის გათვალისწინებით;

10 ქულა უნდა განაწილდეს რუბრიკაში შემავალ კრიტერიუმებზე;

მითითებული უნდა იყოს სტანდარტის ის შედეგები, რომელთა შეფასებასაც ემსახურება შემაჯამებელი დავალება.

**დანართი 2. შეფასების რუბრიკების ნიმუშები**

მინდა კიდევ ერთხელ მივაქციო ყურადღება ობიექტურ, გამჭვირვალე, ვალიდური შეფასების დიდ მნიშვნელობას. მასწავლებლის წიგნში მოცემული შეფასების სქემების ნიმუშების გამოყენებისას მასწავლებელს შეუძლია მისი შეცვლა საკუთარი შეხედულებისა და საჭიროების შესაბამისად, ასევე გაითვალისწინოს, რომ შეფასების რუბრიკა მოსწავლეებთან ერთად, მათი უშუალო მონაწილეობით უნდა შეიქმნას.

განიხილეთ მოსწავლის შეცდომა, როგორც მოსწავლის არასტანდარტული აზროვნების შედეგი და აუცილებლად დაინტერესდით, რატომ ფიქრობს ასე და არა სხვაგვარად, მიეცით მას შესაძლებლობა, აგვიხსნას საკუთარი პოზიცია. შეცდომის შეფასებისას ხშირად გამოიყენეთ შეფასება `ჯერ არა`, `ჯერ` ამ სიტყვებს შეუძლია დაეხმაროს მოსწავლეს ზრდის მენტალიტეტის ჩამოყალიბებასა და შემდგომ წინსვლაში. სასურველია, ხშირად გამოიყენოთ ურთიერთშეფასება და თვითშეფასება, რაც გაცილებით საინტერესოს ხდის საგაკვეთილო პროცესს.

საგაკვეთილო პროცესში ჩართულობა					
კრიტერიუმები	1-2 დაბალი	3-4 საშუალოზე დაბალი	5-6 საშუალო	7-8 საშუალოზე მაღალი	9-10 მაღალი
საგაკვეთილო პროცესში მოსწავლის აქტიურობა, მოსმენის კულტურა, ეთიკური ნორმების დაცვა	პასიურია, არ არის ჩართული საგაკვეთილო პროცესში, არ უსმენს მოსაუბრეს, არ იცავს ეთიკურ ნორმებს	საგაკვეთილო პროცესში ნაწილობრივია ჩართული, უჭირს ყურადღების კონცენტრირება, ვერ იცავს ეთიკურ ნორმებს	საგაკვეთილო პროცესში ნაწილობრივია ჩართული, იშვიათად უსმენს მოსაუბრეს, ვერ იცავს ეთიკურ ნორმებს	გაკვეთილზე უმეტესად აქტიურია, მობილიზებულია და უსმენს მოსაუბრეს, იცავს ეთიკურ ნორმებს	აქტიურია მთელი გაკვეთილის განმავლობაში, მობილიზებულ ია და უსმენს მოსაუბრეს, იცავს ეთიკურ ნორმებს
მომდებელი ინფორმაციის შეჯამების უნარი, ჯგუფში მუშაობა	ვერ აჯამებს წაკითხულ ინფორმაციას, ჯგუფში მუშაობისას პასიურია	ნაწილობრივ აჯამებს წაკითხულ ინფორმაციას, არ ან ვერ თანამშრომლობს მეწყვილეებთან	ნაწილობრივ აჯამებს წაკითხულ ინფორმაციას, ზოგ შემთხვევაში წვლილიც შეაქვს ჯგუფის მუშაობაში	კარგად აჯამებს წაკითხულ ინფორმაციას, შეაქვს წვლილი ჯგუფის მუშაობაში	აჯამებს და აანალიზებს წაკითხულ ინფორმაციას, მნიშვნელოვანი ა მისი წვლილი ჯგუფის მუშაობაში

შეფასების სქემა - ამოცანის ამოხსნა					
კრიტერიუმები	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2
ამოცანის ამოხსნა	დაცულია ჩაწერის კულტურის ნორმები	აზრი ჩაწერილია გამართულად	სწორად იყენებს ტერმინოლოგიას	დავალეგაზე პასუხი გაცემულია სწორად	მომდებნილი აქვს პრობლემის გადაჭრის მართებული (ორიგინალური) გზა

	საკითხის შესწავლის განმსაზღვრელი შეფასების სქემა			
კრიტერიუმები	1-3	4-6	7-8	9-10
სკალის დახაზვა	ვერ ხაზავს სკალას	ხაზავს სკალას, არ ხაზავს ერთეულოვან მონაკვეთს	ხაზავს სკალას, ერთეულოვანი მონაკვეთის დახაზვისას არ იცავს სიზუსტეს	ხაზავს სკალას, ერთეულოვანი მონაკვეთის დახაზვისას იცავს სიზუსტეს
მოცემული ფიზიკური სიდიდისთვის ხელსაწყოს შერჩევა	ვერ არჩევს ხელსაწყოს	იშვიათად არჩევს ხელსაწყოს სწორად	უმეტესად სწორად არჩევს ხელსაწყოს	ყოველთვის სწორად არჩევს ხელსაწყოს
გაზომვის საზღვრების დადგენა	ვერ ადგენს	იშვიათად ადგენს	უმეტესად სწორად ადგენს	ყოველთვის სწორად ადგენს
ცდომილების შეფასება	არ შეუძლია ცდომილების შეფასება	ზოგჯერ სწორად აფასებს ცდომილებას	უმეტესად სწორად აფასებს ცდომილებას	ყოველთვის სწორად აფასებს ცდომილებას

მოსწავლის კონკრეტული დავალების თვითშეფასების სქემა		
სირთულეები რა უნდა გავაუმჯობესო	სტანდარტით გათვალისწინებული დონე კრიტერიუმები	ძლიერი მხარეები რას ვაკეთებ განსაკუთრებით კარგად
	<b>კრიტერიუმი 1</b> აქტიურად მონაწილეობს და შეაქვს მნიშვნელოვანი წვლილი ყველა აქტივობაში	
	<b>კრიტერიუმი 2</b> ყოველთვის თანამშრომლობს წყვილებში/ჯგუფებში მუშაობის დროს	

საშინაო დავალების შეფასება					
ფასდება შემდეგი აქტივობები	1	2	3	4	5
მომიებული ინფორმაციის შესაბამისობა და ორგანიზებულობა	უჭირს ინფორმაციის მოძიება	იყენებს მხოლოდ საკუთარ ინფორმაციას	იყენებს მხოლოდ სახელმძღვანელოს ინფორმაციას, ნაწილობრივ ორგანიზებულია	იყენებს მხოლოდ რამდენიმე საინფორმაციო წყაროს, მასალა ორგანიზებულია	იყენებს მრავალფეროვან საინფორმაციო წყაროს, საშუალებას, მასალა მოსახერხებლად არის ორგანიზებული
მომიებული ინფორმაციის ანალიზი	უჭირს ანალიზის გაკეთება	ცდილობს ანალიზის გაკეთებას	მომიებული ინფორმაციის ნაწილობრივ ანალიზი	მომიებული ინფორმაციის ანალიზი	მომიებული ინფორმაციის სიღრმისეული ანალიზი
ამოცანების სისტემატურად და გააზრებულად შესრულება	არა აქვს გააზრებული, არასისტემატურია	ნაწილობრივ აქვს გააზრებული, არასისტემატურია	ნაწილობრივ აქვს გააზრებული, სისტემატურია	კარგად აქვს გააზრებული, სისტემატურია	კარგად აქვს გააზრებული, სისტემატურად ამდიდრებს დამატებითი ინფორმაციით

ცდის ანალიზის ფურცელი	
მოსწავლის სახელი და გვარი	
გაკვეთილის თემა	
ცდის მიზანი	
მთავარი კითხვა რისი გაგება მაინტერესებს?	
ვარაუდი (ჰიპოთეზა) ჩემი აზრით, რა იქნება შედეგი?	
ცვლადები რომელი სიდიდის ცვლილება გამოიწვევს რომლის ცვლილებას?	
მსვლელობა როგორი თანმიმდევრობით ჩავატარებ ცდას? რას გავაკეთებ რის შემდეგ?	
შედეგები	
დასკვნა რამ გამოიწვია მიღებული შედეგი?	



თარიღი: <span style="float: right;">კვლევითი პროექტი</span>								
მოსწავლე	შეფასების კრიტერიუმები							
	პროექტის მიზანი	კვლევის გეგმის შემუშავება	საკითხთან დაკავშირებული ინფორმაციის მოძიება	კვლევის ჩატარება	მონაცემების აღრიცხვა	ანალიზი და დასკვნის გამოტანა	პრეზენტაცია	ქულათა მაქსიმალური რაოდენობა
	0-1	0-1	0-1	0-2	0-1	0-2	0-2	10
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

თვითშეფასების სქემა	
რა ვისწავლე?	
რა იყო ჩემთვის საინტერესო?	
რა გამიჭირდა?	
რა გავაკეთე კარგად?	
რას შევცვლიდი?	

ერთობლივი მუშაობის დროს ინდივიდუალური დაკვირვების ფურცელი  
 ვაკვირდები მოსწავლეს  
 -სახელი-----გვარი-----

რას ვაკვირდები ერთობლივი მუშაობის დროს		შენიშვნები
მოსწავლის სამუშაო ჩვევები	<p>მუშაობს თუ არა მოსწავლე თანმიმდევრულად დამოუკიდებლად ან სხვებთან ერთად ცდილობს თუ არა იგი სხვებს დაეხმაროს?</p> <p>რამდენად წარმატებით ცდილობს იგი ითხოვოს და მიიღოს საჭირო დახმარება? ვისგან იღებს დახმარებას?</p> <p>არის თუ არა მოსწავლე დავალებზე კონცენტრირებული თუ ადვილად ეფანტება ყურადღება?</p> <p>აქტიურად ერთვება თუ არა იგი პრობლემის გადაწყვეტაში?</p>	
მოსწავლის მოსაზრებები	<p>ცდილობს თუ არა მოსწავლე ახსნას თავისი მოსაზრებები? სერიოზულად განიხილავს თუ არა იგი სხვების წინადადებებსა და მოსაზრებებს?</p>	
კომუნიკაცია	<p>ამყარებს თუ არა მოსწავლე სხვებთან კომუნიკაციას ინფორმაციის დაზუსტების და/ან გაცვლის მიზნით?</p> <p>კომფორტულად გრძნობს თუ არა მოსწავლე თავს როგორც „მოსაუბრის“, ისე „მსმენელის“ როლში?</p> <p>შეუძლია თუ არა თავისუფლად წარდგეს მთელი კლასის წინაშე?</p> <p>ახერხებს თუ არა მოსწავლე ნათლად და ადეკვატურად წარმოადგინოს როგორც ჯგუფის საერთო მოსაზრება, ისე საკუთარი ნაზრევი?</p>	

**საშინაო ცდის აღწერის ოქმის ნიმუში**

კრიტერიუმები	შესრულების დონე		
	დაბალი	საშუალო	მაღალი
ამოიცნობს და ასახელებს <b>თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს</b>	მნიშვნელოვანი ხარვეზებით ამოიცნობს და ასახელებს <b>თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს</b>	უშვებს შეცდომებს <b>თემასთან დაკავშირებული ცნებების</b> ამოცნობაში	სწორად ამოიცნობს და ასახელებს <b>თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს</b>
აკეთებს ამოცანის შესაბამის ჩანაწერებს. ავსებს დაკვირვების ცხრილს	ამოცანის ჩანაწერებს და დაკვირვების ცხრილის ავსებს მნიშვნელოვანი ხარვეზებით	ჩანაწერებს და დაკვირვების ცხრილის შევსებას ახდენს ხარვეზებით	ყოველთვის სწორად აკეთებს ჩანაწერებს. სწორად ავსებს დაკვირვების ცხრილს
სწორად ახერხებს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების ერთეულების გადაყვანას და მოქმედებების შესრულებას	ვერ პოულობს სწორად თემასთან დაკავშირებულ სიდიდეებს, ხშირად უშვებს შეცდომებს ერთეულების გადაყვანასა და მოქმედებების შესრულებაში	უმეტესად სწორად ახდენს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების გადაყვანას	ყოველთვის სწორად ახდენს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების ერთეულების გადაყვანას და მრავალკუთხედის პერიმეტრის გამოთვლას

**შეფასების რუბრიკების ნიმუშები**

მოსწავლის სახელი და გვარი	
გაკვეთილის თემა	
ცდის მიზანი	
მთავარი კითხვა რისი გაგება მაინტერესებს?	

<p><b>ვარაუდი (ჰიპოთეზა)</b> ჩემი აზრით, რა იქნება შედეგი?</p>	
<p><b>ცვლადები</b> რომელი სიდიდის ცვლილება გამოიწვევს რომლის ცვლილებას?</p>	
<p><b>მსვლელობა</b> როგორი თანმიმდევრობით ჩავატარებ ცდას? რას გავაკეთებ რის შემდეგ?</p>	
<p><b>შედეგები</b></p>	
<p><b>დასკვნა</b> რამ გამოიწვია მიღებული შედეგი?</p>	

ერთობლივი მუშაობის დროს ინდივიდუალური დაკვირვების ფურცელი  
 ვაკვირდები მოსწავლეს  
 - სახელი-----გვარი-----

რას ვაკვირდები ერთობლივი მუშაობის დროს		შენიშვნები
მოსწავლის სამუშაო ჩვევები	<p>მუშაობს თუ არა მოსწავლე თანმიმდევრულად, დამოუკიდებლად ან სხვებთან ერთად?</p> <p>ცდილობს თუ არა იგი სხვებს დაეხმაროს?</p> <p>რამდენად წარმატებით ცდილობს იგი ითხოვოს და მიიღოს საჭირო დახმარება? ვისგან იღებს დახმარებას?</p> <p>არის თუ არა მოსწავლე დავალებზე კონცენტრირებული თუ ადვილად ეფანტება ყურადღება?</p> <p>აქტიურად ერთვება თუ არა იგი პრობლემის გადაწყვეტაში?</p>	
მოსწავლის მოსაზრებები	<p>ცდილობს თუ არა მოსწავლე ახსნას თავისი მოსაზრებები?</p> <p>სერიოზულად განიხილავს თუ არა იგი სხვების წინადადებებსა და მოსაზრებებს?</p>	
კომუნიკაცია	<p>ამყარებს თუ არა მოსწავლე სხვებთან კომუნიკაციას ინფორმაციის დაზუსტების და/ან გაცვლის მიზნით?</p> <p>კომფორტულად გრძნობს თუ არ იგი თავს როგორც „მოსაუბრის“, ისე „მსმენელის“ როლში?</p> <p>აქვს თუ არა მას გამბედაობა მოხსენებით წარდგეს მთელი კლასის წინაშე?</p> <p>შეუძლია თუ არა მოსწავლეს მოხერხებულად წარმოადგინოს როგორც ჯგუფის მიერ შეთანხმებული მოსაზრება, ისე საკუთარი ნააზრევი?</p> <p>ახერხებს თუ არა მოსწავლე ნათლად და ადეკვატურად წარმოადგინოს როგორც ჯგუფის საერთო მოსაზრება, ისე საკუთარი ნააზრევი?</p>	

კრიტერიუმები	შესრულების დონე		
	დაბალი	საშუალო	მაღალი
ამოიცივოს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს	მნიშვნელოვანი ხარვეზებით ამოიცივოს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს	უშვებს შეცდომებს თემასთან დაკავშირებული ცნებების ამოცნობაში	სწორად ამოიცივოს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს
აკეთებს ამოცანის შესაბამის ჩანაწერებს. ახდენს დაკვირვების ცხრილის შევსებას	ჩანაწერებს და დაკვირვების ცხრილის შევსებას ახდენს მნიშვნელოვანი ხარვეზებით	ჩანაწერებს და დაკვირვების ცხრილის შევსებას ახდენს ხარვეზებით	ყოველთვის სწორად აკეთებს ჩანაწერებს. ახდენს დაკვირვების ცხრილის შევსებას
სწორად ასრულებს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების ერთეულების გადაყვანას და მოქმედებების შესრულებას	ვერ პოულობს სწორად თემასთან დაკავშირებულ სიდიდეებს, ხშირად უშვებს შეცდომებს ერთეულების გადაყვანასა და მოქმედებების შესრულებაში	უმეტესად სწორად ახდენს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების გადაყვანას	ყოველთვის სწორად ახდენს თემასთან დაკავშირებული სიდიდეების ერთეულების გადაყვანას და მრავალკუთხედის პერიმეტრის გამოთვლას

დანართი 3

დიაგრამა ამოცანის ამოხსნისთვის

ამოხსნა	გამოთვლა
<p>რას გვეკითხება ამოცანა?</p> <p>-----</p>	<p>გამოთვლებისთვის საჭირო ფორმულა</p> <p>-----</p>
<p>რა მონაცემები არის მოცემული?</p> <p>-----</p>	<p>ჩაწერე მონაცემები ფორმულაში</p> <p>-----</p>
<p>რა მონაცემი გჭირდება?</p> <p>-----</p>	<p>დააკვირდი ერთეულებს და გამოთვალე</p> <p>-----</p>

გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობა 20° C-ზე.			
ქაღალდი	5	პარაფინი	2,1
ვაკუუმი	1	ქარვა	2,8
წყალი	81	ქარსი	6
ჰაერი	1	მინა	7
კვარცი	4,3	ფაიფური	7
ნავთი	2,1	ებონიტი	2,8
ზეთი	2,5	ეთილის სპირტი	24



**ზოგიერთი ნივთიერების სიმკვრივე**

ნივთიერება	$\rho$ , კგ/მ <sup>3</sup>	$\rho$ , გ/სმ <sup>3</sup>	ნივთიერება	$\rho$ , კგ/მ <sup>3</sup>	$\rho$ , გ/სმ <sup>3</sup>
<b>მყარი ნივთიერება, 20°C (გარდა ყინულისა)</b>					
ოსმიუმი	22 600	22,6	მარმარილო	2 700	2,7
ირიდიუმი	22 400	22,4	ფანჯრის მინა	2 500	2,5
პლატინა	21 500	21,5	ფაიფური	2 300	2,3
ოქრო	19 300	19,3	ბეტონი	2 300	2,3
ტყვია	11 300	11,3	სუფრის მარილი	2 200	2,2
ვერცხლი	10 500	10,5	აგური	1 800	1,8
სპილენძი	8 900	8,9	პოლიეთილენი	920	0,92
ფოლადი, რკინა	7 800	7,8	პარაფინი	900	0,9
კალა	7 300	7,3	ყინული	900	0,9
თუთია	7 100	7,1	მუხა (მშრალი)	700	0,7
თუჯი	7 000	7	ფიჭვი (მშრალი)	400	0,4
ალუმინი	2 700	2,7	კორპი	240	0,24
<b>თხევადი ნივთიერება, 20°C</b>					
ვერცხლისწყალი	13 600	13,6	ნავთი	800	0,8
გოგირდმჟავა	1 800	1,8	სპირტი	800	0,8
გლიცერინი	1 200	1,2	ნავთობი	800	0,8
ზღვის წყალი	1 030	1,03	აცეტონი	790	0,79
წყალი	1 000	1	ბენზინი	710	0,71
მზესუმზირას ზეთი	930	0,93	თხევადი კალა 400°C	6 800	6,8
მანქანის ზეთი	900	0,9	თხევადი ჟანგბადი - 194°C	860	0,86
<b>აირადი ნივთიერება, 0°C (ნორმალური პირობებისას)</b>					
ქლორი	3,21	0,00321	ბუნებრივი აირი	0,8	0,0008
ჟანგბადი	1,43	0,00143	წყლის ორთქლი 100°C	0,59	0,00059
ჰაერი	1,29	0,00129	ჰელიუმი	0,18	0,00018
აზოტი	1,25	0,00125	წყალბადი	0,09	0,00009

## ბიბლიოგრაფია

1. საგანი - ფიზიკა, გზამკვლევი მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით  
<https://mes.gov.ge/uploads/files/gzamkvlevi/fizika.pdf>
2. ფიზიკის სწავლება სკოლაში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით.  
<http://mastsavlebeli.ge/?p=18189> 31 მაისი, 2018, ლალი ნადირაძე.
3. ფიზიკა - გიორგი ლომიძე - ტელემეგზური #6  
<https://www.youtube.com/watch?v=LmobXVGFfpE&t=358s>
4. ანიტა ვულფოლკი - განათლების ფსიქოლოგია, ილია ჭავჭავაძის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 2009 (Leinhardt, 2001, p. 334).
5. როგორ ვასწავლოთ მოსწავლეებს აზროვნება. მეთოდოლოგიური სახელმძღვანელო, 2007წ., თბილისი.
6. განმარტებითი ლექსიკონი განათლების სპეციალისტებისთვის (I და II ნაწილი), ეროვნული სასწავლო გეგმებისა და შეფასების ცენტრი, 2007-2008 წწ.
7. მ. ინასარიძე, ს. ლობჯანიძე, მ. რატიანი, ი. სამსონია „მასწავლებლის საქმიანობის დაწყების, პროფესიული განვითარების და კარიერული წინსვლის სქემის გზამკვლევი“, ნაწილი II, მასწავლებლის პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი, 2016. შეფასების რუბრიკების მნიშვნელობა სწავლა-სწავლების პროცესში და მათი ტიპები, 28 ოქტომბერი, 2016, ნატალია ედიშერაშვილი.
8. დისკუსია, როგორც საგანმანათლებლო რესურსი, 8 თებერვალი, 2017, ინგა ლომაძე.  
<http://mastsavlebeli.ge/?p=13099>
9. თანამედროვე ფიზიკის საკვანძო ექსპერიმენტები, “როგორ დავგეგმოთ და განვახორციელოთ პროექტ გაკვეთილი”, სოფიკო ლობჯანიძე  
<http://mastsavlebeli.ge/?p=288>
12. **ზოგადი განათლების რეფორმის ჯგუფის** მიერ შექმნილი ვირტუალური ლაბორატორიების ქართულენოვანი ვიდეონსტრუქციები, ტექსტური გზამკვლევები, ანიმაციები, ვიდეორგოლების ქართულენოვანი ვიდეონსტრუქციები
13. L. Nadiradze, M. Kapanadze, B. Kvirkvelia. Use of technologies, as the effective instrument for enhancing of motivation in the process of physics teaching. INTED2020 Proceedings, 14th International Technology, Education and Development Conference, 2nd-4th March, 2020, Valencia, Spain, pp. 2768-2773, ISBN: 978-84-09-17939-8, ISSN: 2340-1079. doi: 10.21125/inted.2020.0828  
<https://library.iated.org/view/NADIRADZE2020USE>
14. Kapanadze, M., Bolte, C., Schneider, V., Slovinsky, E., (2015) *Enhancing Science Teachers' Continious Professional Development in the Field of IBSE and other Aspects of Inovative Science Lessons*. Journal of Baltic Science Education, 2015, Vol.14, (2), (pp. 254 -266).
15. საბუნებისმეტყველო საგნების მასწავლებელთა კომპეტენციების განვითარება კვლევაზე დაფუძნებული სწავლებისას. დისერტაცია, ნათელა ბადათრიშვილი, 2017  
[http://tesau.edu.ge/files/uploads/gabatllebis\\_fakulteti/sadisertacio\\_cnobari/nino/2/18.11.17\\_last.pdf](http://tesau.edu.ge/files/uploads/gabatllebis_fakulteti/sadisertacio_cnobari/nino/2/18.11.17_last.pdf)