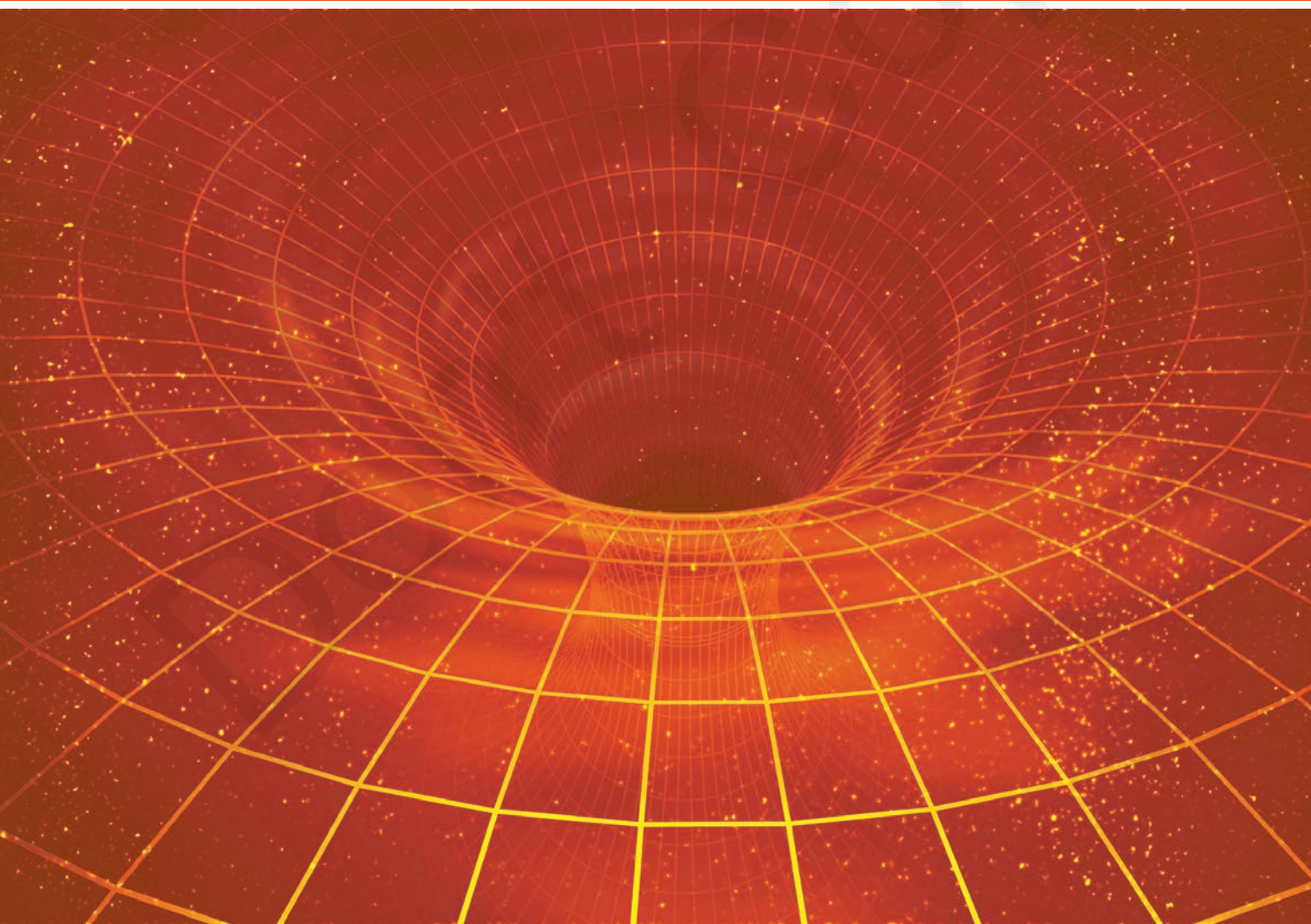


მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია,
თემურ შენგელია, ოთარ ღონღაძე

ფიზიკა

მასშტაბების წიგნი 10



გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“

მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია,
თემურ შენგელია, ოთარ ღონღაძე

ფიზიკა

მე-10 კლასი

მასწავლებლის წიგნი

პირველი სემესტრი

გრიფინიჭებულია საქართველოს განათლებისა და
მეცნიერების სამინისტროს მიერ 2022 წელს



გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“

ფიზიკა, მე-10 კლასი

მასწავლებლის წიგნი

პირველი სემესტრი

მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია,
თემურ შენგელია, ოთარ ღონღაძე

რედაქტორი – ნათელა თუხარელი
დამკაბადონებელი – ლია მოსეშვილი

გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“
მის: ქ. თბილისი, ე. მაღალაშვილის ქ. №5
ტელ: 568105467;
ელ.ფოსტა: info@saqmatsne.ge
[www.http://saqmatsne.ge](http://www.saqmatsne.ge)

© გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“

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

I გამოცემა, 2022 წელი

ISBN 978-9941-16-819-2

სარჩევი

ზოგადი ინფორმაცია სახელმძღვანელოს შესახებ.....	4
წლის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	5
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, მათ შორის ფიზიკის, სწავლების მიზანი და ამოცანები.....	5
საბაზო საფეხურის ფიზიკის სტანდარტი	5
სტანდარტის შედეგების ინდექსების განმარტება.....	6
სტანდარტის შედეგების მიღწევისა და შინაარსის ურთიერთკავშირის მატრიცა	10
საფეხურებრივი საკვანძო შეკითხვები.....	12
სასწავლო თემის აგების პრინციპები.....	14
სასწავლო რესურსების გამოყენება.....	31
თემატური მატრიცა: ელექტროსტატიკა	35
კომპლექსური დავალების ნიმუშები	40
ელექტროსტატიკა.....	72
შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნები.....	143
მათემატიკა ფიზიკისათვის	147
დანართები	148
საგანმანათლებლო ლექსიკონი	160
გამოყენებული ლიტერატურა	164

ზოგადი ინფორმაცია სახელმძღვანელოს შესახებ

ჩვენი სახელმძღვანელოს კონცეფცია, შინაარსი და მეთოდოლოგია სრულად შეესაბამება ეროვნულ სასწავლო გეგმასა და მიზანს. მასწავლებლის წიგნი არის დამხმარე მეთოდური სახელმძღვანელო სკოლის პედაგოგებისთვის, რომლებიც ასწავლიან ფიზიკას მე-10 კლასში. ის მოიცავს ინფორმაციას ფიზიკის სწავლების მიზნის, ამოცანების, სტანდარტის შედეგების მიღწევის, ასევე იმ მეთოდოლოგიური პრინციპების შესახებ, რომლებსაც ეყრდნობა სახელმძღვანელო. წიგნი ეფუძნება მოსწავლის ასაკობრივი თავისებურებების გათვალისწინებასა და მოსწავლეზე ორიენტირებული სწავლების პრინციპებს. ის დაეხმარება პედაგოგებს გაკვეთილის ეფექტიანად დაგეგმვასა და საინტერესოდ ჩატარებაში. მასში აღწერილია სწავლების დიფერენცირებული მიდგომის განხორციელებისთვის საჭირო სტრატეგიები და მეთოდები, შეტანილია სხვადასხვა ტიპის რეკომენდაცია, დაფუძნებული თანამედროვე საგანმანათლებლო კვლევებსა და, მრავალმხრივ პედაგოგიურ გამოცდილებაზე აგებული სახელმძღვანელოების ანალიზის შედეგებზე. წიგნში თქვენ ნახავთ იმ ამოცანების ამოხსნებსა და სწორ პასუხებს, რომლებიც მოცემულია მოსწავლის სახელმძღვანელოში, ასევე კომპლექსური დავალების ნიმუშებს, რომლებიც დაეხმარება მასწავლებელს სწავლების პროცესის უფრო ეფექტიანად წარმართვაში.

ჩვენ დიდ ყურადღებას ვუთმობთ მოსწავლეთა უწყვეტი განმავითარებელი შეფასების სისტემას, შეფასების რუბრიკების შემუშავებასა და კრიტერიუმების ჩამოყალიბებას. მასწავლებლის წიგნში დეტალურადაა განხილული მოსწავლის სახელმძღვანელოში მოცემული ყველა გაკვეთილის გეგმა, მოცემულია საკვანძო ამოცანების ამოხსნა. კომპლექტაციაში შედის მოსწავლისა და მასწავლებლის წიგნები.

წლის ბოლოს მისაღწევი შედეგები

მეათე კლასი მიეკუთვნება საშუალო საფეხურს, რომლის მიზანია საბაზო საფეხურზე შეძენილი ცოდნის გააქტიურება და გაღრმავება, საგანთა სწავლა-სწავლების საფუძველზე მყარი, დინამიკური და ფუნქციური ცოდნის კონსტრუირება, მოსწავლის ინტერესებისა და მიდრეკილებების გამოვლენა, მოსწავლის დამოუკიდებელი სწავლის უნარისა და შრომისუნარიანობის განვითარება.

თანამედროვე ზოგადსაგანმანათლებლო სტანდარტი გულისხმობს მოსწავლის აღჭურვას იმ ცოდნითა და უნარ-ჩვევებით, რომლებიც მას საშუალებას მისცემს, ალლო აულოს კაცობრიობის სწრაფ პროგრესს, გამოიყენოს თანამედროვე მეცნიერების მიღწევები, გახდეს საზოგადოების აქტიური წევრი. ცოდნის პასიური მიმღების ნაცვლად მოსწავლე უნდა ჩამოყალიბდეს აქტიურ შემმცენებლად და შეძლოს მიღებული ცოდნის გამოყენება როგორც პროფესიული წარმატებისათვის, ასევე საზოგადოების სასიკეთოდ.

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, მათ შორის ფიზიკის, სწავლების მიზანი და ამოცანები

მიზანი:

საბუნებისმეტყველო დისციპლინების სწავლების მიზანია აზიაროს მოსწავლე საბუნებისმეტყველო მეცნიერების საფუძვლებს და განუვითაროს კვლევის უნარ-ჩვევები, რაც მას საშუალებას მისცემს შეიცნოს და გაითავისოს სამყარო, ჩაერთოს საზოგადოებრივი საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში, იგრძნოს პასუხისმგებლობა საკუთარი თავის, საზოგადოებისა და გარემოს მიმართ.

საშუალო საფეხურის ფიზიკის სტანდარტი

შესავალი

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.

სტანდარტის შედეგების ინდექსების განმარტება

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) ენერგია (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;	ძალა (ფიზ.საშ.1,2,3,4) ფიზიკური პროცესი (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;	
ფიზ.საშ.4	მეცნიერული მიღწევებისა და კვლევითი უნარ-ჩვევების გამოყენებით ბუნებაში არსებული მიზეზ - შედეგობრივი კავშირების დასაბუთება ფიზიკური პროცესების/მოვლენების აღსაწერად და დასახასიათებლად.	

სავალდებულო თემები

X კლასი
1. ელექტროსტატიკა
2. მუდმივი დენის კანონები
XI კლასი
3. ელექტრომაგნიტური მოვლენები
4. რხევები და ტალღები
5. გეომეტრიული ოპტიკა
XII კლასი
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.

X კლასი

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 მოდელის 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;
- წერტილოვან 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 უზნისათვის; 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.

ენერგია - 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 მიზეზ-შედეგობრივი 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.

სტანდარტის შედეგების მიღწევისა და შინაარსის ურთიერთკავშირის მატრიცა

გაკვეთილის თემა	დრო სთ	სტანდარტის შედეგები			
		ფიზ. საშ. 1.	ფიზ. საშ. 2.	ფიზ. საშ. 3.	ფიზ. საშ. 4.
ელექტროსტატიკა	28				
შესავალი	1				
§1 სხეულთა დაელექტროება	1	+		+	
§2 ელექტრული მუხტი. ელექტრული ურთიერთქმედება	1	+		+	+
§ 3 ელექტრული მუხტების ატომში. ელემენტარული მუხტი	1	+		+	+
§4 გამტარები და იზოლატორები	1	+			+
§5 ელექტრული მუხტის შენახვის კანონი. სხეულთა დაელექტროების ხერხები	1	+		+	+
§6 კულონის კანონი	1			+	+
ელექტროსკოპის მოდელისა და პოსტერის შექმნა	1	+		+	
§ 7 ელექტრული ველი. ელექტრული ველის დამაბულობა. წერტილოვანი მუხტის ველის დამაბულობა. ელექტრული ველის სუპერპოზიციის პრინციპი	1	+		+	+
§ 8 ელექტრული ველის დამაბულობის წირები	1	+		+	+
§ 9 თანაბრად დამუხტული სფეროსა და სიბრტყის ელექტროსტატიკური ველი	1	+		+	+
§ 10 გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში	1	+		+	+
§ 11 დიელექტრიკები ელექტრულ ველში. დიელექტრიკული შედწევადობა	1	+		+	+

კომპლექსური დავალების პრეზენტაცია	1	+		+	+
შემაჯამებელი სამუშაო # 1	1	+		+	+
§ 12 ელექტრული ველის მუშაობა მუხტის გადაადგილებისას. მუხტის პოტენციალური ენერგია ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში	1	+	+	+	
§ 13 წერტილოვანი მუხტების ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია	1	+	+	+	+
§ 14 პოტენციალი. პოტენციალთა სხვაობა. წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალი	1	+	+		+
§15 ეკვიპოტენციალური ზედაპირები. კავშირი ერთგვაროვანი ელექტრული ველის დამახულობასა და პოტენციალთა სხვაობას შორის	1	+	+		+
§ 16 მუხტის განაწილება ზედაპირის სიმრუდის რადიუსის მიხედვით	1	+	+	+	+
§17 ელექტროტევადობა	1	+	+	+	+
§18 კონდენსატორი. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა	1	+	+	+	+
§ 19 კონდენსატორების შეერთება	1	+	+	+	+
§ 20 დამუხტული კონდენსატორის ენერგია	1	+	+	+	+
კომპლექსური დავალების პრეზენტაცია	1		+		+
შემაჯამებელი სამუშაო # 2	1	+	+	+	+
სარეზერვო დრო	2				

საფეხურებრივი საკვანძო შეკითხვები

საფეხურებრივი საკვანძო შეკითხვები სტანდარტის ცნებებს აკავშირებს შედეგებთან.
როგორ უნდა შევისწავლო ფიზიკური მოვლენები?

როგორ დავგეგმო და ჩავატარო კვლევა ფიზიკური მოვლენების შესასწავლად?

რაში და როგორ შეიძლება გამოვიყენო ფიზიკური კანონზომიერებების ცოდნა?

როგორ გარდაიქმნება ენერგია ერთი სახეობიდან მეორე სახეობად?

როგორ დავაკაშირო ბუნებაში არსებული ძალები მრავალფეროვან ფიზიკურ მოვლენებთან?

რა გავლენას ახდენს ნივთიერების აგებულება ბუნებაში მიმდინარე პროცესებზე?

გ) მეთოდური ორიენტირები

სტანდარტის ამ ნაწილში განსაზღვრულია, თუ რა პრინციპების საფუძველზე უნდა წარიმართოს სწავლა-სწავლების პროცესი. ასევე, მოცემულია მოკლე ინსტრუქციები იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა დაიგეგმოს კონკრეტული სასწავლო ერთეულის – თემის სწავლა-სწავლება.

საგნის სწავლა-სწავლება უნდა წარიმართოს შემდეგი პრინციპების დაცვით:

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 ურთიერთდაკავშირებასა და ორგანიზებას;

დ) სწავლა-სწავლება უნდა უზრუნველყოფდეს სწავლის სტრატეგიების დაუფლებას (სწავლის სწავლას);

ე) სწავლა-სწავლება უნდა მოიცავდეს ცოდნის სამივე კატეგორიას: დეკლარაციულს, პროცედურულსა და პირობისეულს.

საგნობრივი შედეგების გარდა, ეროვნული სასწავლო გეგმის მიზნებიდან სწავლა-სწავლებისა და შეფასების სამიზნედ ასევე უნდა იქცეს შემდეგი გამჭოლი უნარები და ღირებულებები:

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 საქმიანობებში გაბედული ნაბიჯების გადადგმა.
თანამშრომლობა	სამუშაოს თანაბრად განაწილება და შესრულება ჯგუფური/გუნდური მუშაობის დროს; მზაობა ჯგუფში/გუნდში სხვადასხვა ფუნქციის შესასრულებლად; განსხვავებული იდეების, შეხედულებების კონსტრუქციულად განხილვა; რესურსების, მოსაზრებების, ცოდნის გაზიარება პრობლემათა ერთობლივად გადაჭრის, გადაწყვეტილებათა ერთობლივად მიღების მიზნით.

ინიციატივების გამოვლენა და საქმედ ქცევა	სწავლა-სწავლების პროცესში ინტერესისა და ცნობისმოყვარეობის გამოვლენა; ახალი იდეების, მიდგომების, შესაძლებლობების ძიება და მათი განხორციელება სწავლის გაუმჯობესების მიზნით; მზაობა გამოწვევების მისაღებად, გაბედული ნაბიჯების გადასადგმელად.
დროსა და სივრცეში ორიენტირება	თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება; მულტიპერსპექტიული ხედვა დროითი და სივრცული ფაქტორების გათვალისწინებით.
სწავლის სწავლა, დამოუკიდებლად საქმიანობა	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; დავალბის/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 მხარების დასადგენად, სუსტი მხარეების გასაძლიერებლად გზების დასახვა; სოციო-ემოციური მართვა - ნერვიულობის მინიმუმამდე დაყვანა, საჭიროების შემთხვევაში, დახმარების თხოვნა, საკუთარ თავში სიმძნელთა გადალახვის რესურსების პოვნა; შეცდომების მიმართ პოზიტიური დამოკიდებულების ჩამოყალიბება და წინსვლისათვის გამოყენება; ცალკეული საქმიანობისთვის გამოყოფილი დროის ეფექტიანად გამოყენება.
პასუხისმგებლობა	სასკოლო საქმიანობებში (სასკოლო ცხოვრებაში) ნაკისრი ვალდებულების შესრულება; სამუშაოს დადგენილ ვადებში დასრულება და ჩაბარება; საკუთარი ქცევის მართვა, საკუთარ ქცევებზე პასუხისმგებლობის აღება.
ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება	ელექტრონული ცხრილების გამოყენება მონაცემთა ორგანიზება- წარმოდგენის, მათი დამუშავებისა და ანალიზის მიზნით; საბუნებისმეტყველო შინაარსის დინამიკური, ვირტუალური სიმულაციების მიზნობრივად გამოყენება; კვლევითი სამუშაოების ოქმებისა და ანგარიშების შექმნა ტექსტურ რედაქტორებში; ციფრული ფორმატის პრეზენტაციების მომზადება სხვადასხვა მულტიმედიაური ელემენტების (ტექსტი, გამოსახულება, აუდიო, ვიდეო, ანიმაცია) გამოყენებით; ქსელური ძიება.
წიგნიერება	ზეპირი და წერიტი მეტყველების გზით ინფორმაციის მიღების, დამუშავების, გააზრების, სისტემაში მოყვანის, გაანალიზება-ინტერპრეტირებისა და წარდგენა-გაზიარების უნარი.

იწლიურ პროგრამის /სასკოლო კურიკულუმის აგების პრინციპები
ეროვნული სასწავლო გეგმის საფეხურებრივი საგნობრივი სტანდარტები განსაზღვრავს
სავალდებულო საგნობრივ მოთხოვნებს (რა უნდა შეეძლოს და რა უნდა იცოდეს
მოსწავლემ). მათზე დაყრდნობით იგეგმება წლიური პროგრამები, რომლებიც გვიჩვენებს
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).

სასწავლო თემის აგების პრინციპები

1. სასწავლო თემა წარმოადგენს მოსწავლეთათვის ნაცნობ, მათი ასაკობრივი ინტერესებისა
და გამოცდილების შესაბამის კონტექსტს, რომელიც სტანდარტის შედეგების, სამიზნე
ცნებების, კონკრეტული ქვეცნებებისა და საკითხების ინტეგრირებულად და
ურთიერთდაკავშირებულად სწავლების საშუალებას იძლევა. თითოეული თემის
ფარგლებში, შეძლებისდაგვარად, უნდა დამუშავდეს სტანდარტის ყველა შედეგი და
სამიზნე ცნება.

თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები განსაზღვრავს შესასწავლი თემის
ჩარჩოებს; აკონკრეტებს, თუ რა უნდა იცოდეს მოსწავლემ კონკრეტულ თემასთან
მიმართებით (თემატური მკვიდრი წარმოდგენები განსხვავდება სამიზნე ცნებებთან
დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენებისგან).

2. გრძელვადიანი მიზნები

შედეგები, სამიზნე ცნებები და მათთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები,
საფეხურის საკვანძო შეკითხვები პასუხს სცემს შეკითხვას – რა გრძელვადიანი მიზნით
ვასწავლით მოსწავლეს თემას. ეს მიზნები უცვლელია საბაზო საფეხურის ნებისმიერ
თემასთან მიმართებით.

ა) სტანდარტის შედეგები – განსაზღვრავს მიზნობრივ ორიენტირებს და პასუხობს
შეკითხვას: რა უნდა შეეძლოს საშუალო საფეხურის მოსწავლეს საგნის ფარგლებში?

ბ) სამიზნე ცნებები – გამომდინარეობს სტანდარტის შედეგებიდან და განსაზღვრავს იმ
ცოდნას, რომელსაც მოსწავლე საგნის ფარგლებში უნდა დაეუფლოს;

გ) სამიზნე ცნების/ცნებების მკვიდრი წარმოდგენები – თითოეული ცნებისთვის უნდა
განისაზღვროს მკვიდრი წარმოდგენები, რომლებიც შემოფარგლავს ცნების მოცულობას და
დააზუსტებს, რა უნდა ჰქონდეს გაცნობიერებული მოსწავლეს ამ ცნებასთან მიმართებით

საფეხურის ბოლოს. მკვიდრი წარმოდგენების დაზუსტდება ხდება წლიური პროგრამის/სასკოლო კურიკულუმის ფარგლებში;

დ) საფეხურის საკვანძო შეკითხვები – გამომდინარეობს შედეგებიდან და სამიზნე ცნებებიდან და განსაზღვრავს, თუ რაზე უნდა დაფიქრდეს მოსწავლე საგნის შესწავლის პროცესში. საფეხურის საკვანძო შეკითხვები თემის ფარგლებში უფრო კონკრეტულ თემატურ შეკითხვებად გარდაიქმნება.

3. შუალედური მიზნები

თემის ფარგლებში შუალედური მიზნის როლს ასრულებს ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული ოთხეული – საკითხები/ქვეცნებები, საკვანძო შეკითხვები, ასევე კომპლექსური დავალება/დავალებები და შეფასების კრიტერიუმი/კრიტერიუმები. თემატურ მატრიცაში შესაძლებელია გამოიყოს იმდენი ეტაპი (შესაბამისი შუალედური მიზნებით), რამდენსაც სასწავლო რესურსი ავტორი/მასწავლებელი ჩათვლის საჭიროდ მოცემული სასწავლო თემის ფარგლებში.

საკითხების საშუალებით ხდება იმის განსაზღვრა, თუ კონკრეტულად, რა მასალის საფუძველზე წარიმართება მუშაობა თემის ფარგლებში. ქვეცნებებსა და საკითხებზე დაყრდნობით განისაზღვრება ასევე კომპლექსური დავალების პირობა.

ქვეცნებები – წლიური თემების ფარგლებში, გამოიყოფა საგნობრივი ქვეცნებები, რომლებიც უშუალოდ გამომდინარეობს შესაბამისი სამიზნე ცნებებიდან; ისინი წარმოადგენს ტერმინებს, რომლებით ოპერირებაც მოსწავლეს ამ კონკრეტული თემის ფარგლებში/კონკრეტულ საკითხთან მიმართებით მოუწევს.

თემატური საკვანძო შეკითხვები ორიენტირებულია უშუალოდ შესაბამისი სამიზნე ცნებაზე/ცნებებზე (მაგ., ცნებაზე „კონტექსტი“) და განისაზღვრება შერჩეული ქვეცნებების/საკითხების გათვალისწინებით. ისინი გამოკვეთს, რაზე უნდა დაფიქრდეს მოსწავლე კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობისას. მათი ფუნქციაა

მოსწავლის წინარე ცოდნის გააქტიურება, ცნობისმოყვარეობის გაღვივება, პროვოცირება ახალი ცოდნის შესაძენად;

სასწავლო თემის შედეგზე ორიენტირებულად სწავლა-სწავლების უზრუნველყოფა;

თემის სწავლა-სწავლების პროცესში შუალედური ნაბიჯების/ეტაპების განსაზღვრა. საკვანძო შეკითხვა წარმოადგენს მაორგანიზებელ ელემენტს, რომელიც სასწავლო თემის ფარგლებში ასრულებს გაკვეთილ(ებ)ის მიზნის როლს.

კომპლექსური დავალება წარმოადგენს შემეცნებით-შემოქმედებით პროდუქტს, რომლის შესრულება მოითხოვს სხვადასხვა ცოდნის ინტეგრირებულად გამოყენებას ფუნქციურ კონტექსტებში. კომპლექსური დავალება და მასთან მჭიდროდ დაკავშირებული სტრუქტურული ერთეულები (საკითხი, ქვეცნება, საკვანძო შეკითხვა, შეფასების კრიტერიუმი), ცალკეული თემის ფარგლებში, შუალედური მიზნის როლს ასრულებს.

შეფასების კრიტერიუმები უნდა გამომდინარეობდეს სტანდარტის შედეგებიდან და აჩვენებდეს, რა უნდა შეძლოს მოსწავლემ კონკრეტული თემის ფარგლებში.

თემა: საათების სავარაუდო რაოდენობა –			
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:			
თემასთან დაკავშირებული საკვანძო შეკითხვები:			
თემის ფარგლებში დასამუშავებელი საკითხები:			
სამიზნე ცნებები და მათთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	I ეტაპი		კომპლექსური დავალება/ დავალებები
	საკითხი/ქვეცნება	საკვანძო შეკითხვა / შეკითხვები	
	აქტივობები:		
	რესურსები:		
	II ეტაპი		კომპლექსური დავალება/ დავალებები
	საკითხი/ქვეცნება	საკვანძო შეკითხვა/ შეკითხვები	
	აქტივობები:		
	რესურსები:		
	შეფასების კრიტერიუმი / კრიტერიუმები		

როგორ აიგება სასწავლო თემა

სასწავლო თემის ასაგებად უმთავრესი ორიენტირებია სტანდარტის შედეგები. ისინი სტანდარტში სავალდებულო სახითაა განსაზღვრული. ცნებებსა და შედეგებზე დაყრდნობით განისაზღვრება მკვიდრი წარმოდგენები, საკვანძო შეკითხვები და შეფასების კრიტერიუმები.

სასწავლო თემის სწავლა-სწავლების მიზნით შემდეგ ეტაპზე უნდა განისაზღვროს საგნობრივი საკითხები, რესურსები, დავალებების ტიპები/ნიმუშები გაგების, გააზრების, განმტკიცებისა და შეჯამების მიზნით. ასევე მნიშვნელოვანია განისაზღვროს იდეები შემაჯამებელი კომპლექსური დავალებებისთვის, რადგან მხოლოდ კომპლექსური დავალებების საშუალებით შეიძლება გამოვლინდეს, რამდენად დაეუფლა მოსწავლე თემის ფარგლებში ასათვისებელ ცოდნა-უნართა ერთობლიობას და რამდენად ახერხებს მათ ფუნქციურად გამოყენებას.

სასწავლო თემის აგების ბიჯები

ნაბიჯი 1. მკვიდრი წარმოდგენების დადგენა	
ნაბიჯი 2. თემატური საკვანძო კითხვების დასმა	
ნაბიჯი 3. შეფასების კრიტერიუმების განსაზღვრა	
ნაბიჯი 4. თემატური საკითხების განსაზღვრა	
ნაბიჯი 5. აქტივობებისა და მიმდინარე დავალებების დაგეგმვა და რესურსების შერჩევა	
ნაბიჯი 6. შემაჯამებელი კომპლექსური დავალებების შემუშავება	

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სწავლების მნიშვნელოვანი მიდგომები

გაკვეთილებზე მოსწავლეები ხშირად სვამენ კითხვებს „რატომ“. სწავლების პროცესი ისე უნდა წარიმართოს, რომ ამ კითხვების დიდი ნაწილი შეიცვალოს კითხვებით „როგორ“. „როგორ“ კითხვები ბევრად უფრო ამძაფრებს კვლევის წინაპირობას, ვიდრე „რატომ“ კითხვები. გაკვეთილის დაწყებისთანავე მასწავლებელმა მოსწავლეებში უნდა აღძვრას ინტერესი საკითხისა თუ თემის ირგვლივ, გაზარდოს მოტივაცია. მხოლოდ ამის შემდეგ უჩნდებათ მოსწავლეებს დამატებითი კითხვები, თუ „როგორ“ და „რატომ“ წარმოიშვა ესა თუ ის ფენომენი. საწყისი შეკითხვა შეიძლება მოდიოდეს მოსწავლისაგან, მასწავლებლისაგან, სახელმძღვანელოდან, ინტერნეტიდან ან რაიმე სხვა წყაროდან. კითხვის განსაზღვრაში მასწავლებელი გადამწყვეტ როლს ასრულებს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მასწავლებლის როლი იმ შემთხვევაში, თუ კითხვა მოსწავლეებმა უნდა ჩამოაყალიბონ. ამა თუ იმ თემასთან დაკავშირებით კითხვების შერჩევის დროს მასწავლებელი უნდა დაეყრდნოს მოსწავლეების წინარე ცოდნას და გამოცდილებას. მასწავლებელმა ისიც უნდა გაითვალისწინოს, რომ მოსწავლეების მიერ დასმული კითხვა გამომდინარეობს მათივე დაკვირვებებით მიღებული ინფორმაციიდან, ამდენად, პასუხიც მათ ცოდნასა და განვითარების დონეს უნდა შეესაბამებოდეს. კვლევა მოსწავლეებისათვის საინტერესო ხდება მაშინ, თუ ის მათთვის მნიშვნელოვან და საინტერესო საკითხს ეფუძნება, რომელსაც აქვს კავშირი ყოველდღიურ ცხოვრებასთან.

საბუნებისმეტყველო მეცნიერების სტანდარტის მოთხოვნების მისაღწევად აუცილებელია, მოსწავლე ჩართული იყოს კვლევა-ძიების პროცესებში და ჰქონდეს უწყვეტი პრაქტიკა. მოსწავლეები კვლევის არსს ვერ იგებენ მხოლოდ ტერმინების, მაგალითად, “ჰიპოთეზის–დასწავლით ან სხვადასხვა პროცედურის, მაგალითად, მეცნიერული კვლევის ეტაპების – დამახსოვრებით. მოსწავლე თავად უნდა იყოს ჩართული პროცესში; მაგ., თვითონ განსაზღვროს კვლევის ეტაპები, რათა უფრო ღრმად ჩასწვდეს მის არსს. ამასთან, კვლევა-ძიებითი აქტივობების მხოლოდ ჩატარება არ კმარა. კვლევა-ძიება და მისი შედეგების გააზრება ერთდროულად უნდა ხდებოდეს. სწავლა-სწავლების ახალი მიდგომა მოითხოვს მოსწავლეების ჩართვას მეცნიერული ცოდნის შეფასებაში. კვლევაში ჩართულმა მოსწავლეებმა და მასწავლებელმა უნდა დასვან შემდეგი კითხვები:

რა ხდება, რა მოვლენა ან პროცესი მიმდინარეობს?

მოვლენის/პროცესის რა მახასიათებლები გვაქვს?

რომელი მახასიათებლები არ გვჭირდება?

რა სახის ცვლადები გვაქვს?

პასუხობს თუ არა მიღებული მონაცემები კვლევის მიზანს?

რა ახსნა შეიძლება მოვუძებნოთ ამ მონაცემებს?

რით სჯობს ერთი რომელიმე ახსნა დანარჩენებს?

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სწავლების პროცესში პრაქტიკული სამუშაოს გამოყენებას ფუნდამენტური როლი ენიჭება. მნიშვნელოვანია, რომ მასწავლებელმა შეძლოს კლასში პრაქტიკული სამუშაოს ეფექტიანი წარმართვა და უსაფრთხო გარემოს უზრუნველყოფა. პრაქტიკული სამუშაოს დამთავრების შემდეგ კი დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სამუშაოს შედეგების განხილვისა და შეჯამების მიზნით დისკუსიის წარმართვას.

მიზნების გათვალისწინებით, სწავლების დროს შეიძლება გამოყენებული იყოს შემდეგი სახის პრაქტიკული სამუშაოები:

სადემონსტრაციო ცდა – პრაქტიკული სამუშაოები, რომელთა მიზანია კონკრეტული მეცნიერული მოვლენის ილუსტრირება;

გასავარჯიშებელი პრაქტიკული სამუშაოები – სავარჯიშოები, რომლებიც ექსპერიმენტების ჩატარების ტექნიკას, ხელსაწყოების მოხმარების პრაქტიკული უნარ-ჩვევების განვითარებას ემსახურება;

კვლევა-ძიებითი პრაქტიკული სამუშაოები – მათი მიზანია, მოსწავლეებმა ისწავლონ კვლევა, ნაბიჯ-ნაბიჯ მიჰყვნენ კვლევის ციკლის ეტაპებს, გამოიყენონ გასავარჯიშებელი პრაქტიკული სამუშაოების დროს მიღებული ცოდნა და უნარები;

პრობლემის გადაჭრაზე ორიენტირებული პრაქტიკული სამუშაოები გულისხმობს ისეთ აქტივობებს, სადაც მოსწავლეებს რეალური ობიექტებით მანიპულირების გზით უწევთ პრობლემის გადაჭრა – პრაქტიკული გამოსავლის მოძებნა.

სწავლის უნარების გასაუმჯობესებლად მნიშვნელოვანია ზრუნვა მეტაკოგნიციის უნარების განვითარებაზე, რისთვისაც მასწავლებელმა პერიოდულად სამი ტიპის აქტივობა უნდა ჩაატაროს. ეს აქტივობებია:

სტრატეგიების მოდელირება: მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად ასრულებს დავალებას და დავალების შესრულებისას „ხმამაღლა ფიქრობს“ იმაზე, თუ როგორ შეასრულოს დავალება (მაგ., კარგად გავეცნოთ პირობას და დავაკვირდეთ, რას მოითხოვს იგი; აქვს თუ არა პირობას თანხმობები მასალა და მისთ.);

წინმსწრები მეტაკოგნიტური პაუზა, ანუ დავალების შესრულებამდე დაფიქრება და მსჯელობა გადასადგმელ ნაბიჯებზე – მას შემდეგ, რაც მოსწავლეები გაეცნობიან დავალების პირობას, შევასრულებინებთ მეტაკოგნიტური ხასიათის ამგვარ აქტივობას: მათ ჯგუფთან ერთად უნდა განსაზღვრონ ის გზა, რომლითაც დავალებას შეასრულებენ, სახელდობრ: დეტალურად აღწერონ დავალების შესრულების ეტაპები (რას შეასრულებენ რის შემდეგ და სხვ.), ასევე სტრატეგიები, რომლებსაც გამოიყენებენ თითოეულ ეტაპზე. ჯგუფებმა უნდა წარმოადგინონ თავიანთი ნამუშევრები და იმსჯელონ შერჩეული გზებისა თუ სტრატეგიების მიზანშეწონილობაზე;

შემდგომი მეტაკოგნიტური პაუზა, ანუ დავალების შესრულების შემდეგ დაფიქრება და მსჯელობა გადადგმულ ნაბიჯებზე – მას შემდეგ, რაც მოსწავლეები შეასრულებენ კონკრეტულ დავალებას, მათ უნდა გაიხსენონ და აღწერონ განვლილი გზა: რა გააკეთეს რის შემდეგ? რა ხერხები გამოიყენეს მუშაობისას? რა გაუჭირდათ ან რა გაუადვილდათ? შესრულებული მოქმედებების აღწერის შედეგად მოსწავლეები გააცნობიერებენ იმ ფაქტს, რომ მიზნის მისაღწევად არსებობს სხვადასხვა გზა და ხერხი, რომლებზეც დავალების შესრულებამდე უნდა დაფიქრდნენ (ოპტიმალური გადაწყვეტილების მისაღებად). მეტაკოგნიტური პაუზა მოსწავლეებს განუვითარებს სწავლის უნარებს და აუმაღლებს სწავლის ქმედუნარიანობას.

დ) შეფასება

საკლასო შეფასება უნდა შეესაბამებოდეს ეროვნული სასწავლო გეგმის პირველი კარის მე-7 თავში განსაზღვრულ შეფასების პრინციპებს, მიზნებსა და ამოცანებს.

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

მნიშვნელოვანია, მოსწავლე თავად იყოს ჩართული განმავითარებელ შეფასებაში. სწავლის პროცესის შეფასება 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 ამ პროცესების გააზრებულად და დამოუკიდებლად მართვას შეასწავლის.

შემაჯამებელი (განმავითარებელი და განმსაზღვრელი) შეფასება

შემაჯამებელი შეფასება უნდა ზომავდეს, რამდენად ფლობს ან/და რამდენად ფუნქციურად იყენებს მოსწავლე სამიზნე ცნებებს. ცნებების დაუფლების ხარისხის შესაფასებლად გამოიყენება ე.წ. სოლო ტაქსონომია (დაკვირვებადი სასწავლო შედეგების სტრუქტურის ტაქსონომია – ინგლ. SOLO – Structure of Observed Learning Outcomes), რომელიც წარმოადგენს პლატფორმას შეფასების კრიტერიუმების შესამუშავებლად. სოლო ტაქსონომია ზომავს მოსწავლეთა მიღწევებს 5 დონის მიხედვით. ეს დონეებია:

SOLO 1: პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საერთოდ ვერ გაუაზრებია საკითხი, იყენებს შეუსაბამო, არარელევანტურ ინფორმაციას ან/და საერთოდ აცდენილია საკითხს.
SOLO 2: უნისტრუქტურული დონე მოსწავლეს შეუძლია მხოლოდ ერთი ასპექტის განხილვა და მარტივი, აშკარა/ცხადი კავშირების დამყარება. მოსწავლეს შეუძლია ტერმინოლოგიის გამოყენება, ზეპირად გადმოცემა (გახსენება), მარტივი ინსტრუქციების/ალგორითმების შესრულება; პარაფრაზირება, ამოცნობა, დასახელება ან დათვლა.
SOLO 3: მულტისტრუქტურული დონე მოსწავლეს შეუძლია რამდენიმე ასპექტის განხილვა განცალკევებულად, ერთმანეთთან კავშირის გარეშე. მას შეუძლია ჩამოთვლა, აღწერა, კლასიფიცირება, კომბინირება; მეთოდების, სტრუქტურის გამოყენება; პროცედურების შესრულება და სხვ.
SOLO 4: მიმართებითი დონე მოსწავლეს შეუძლია გაიაზროს კავშირი რამდენიმე ასპექტს შორის, აგრეთვე ისიც, თუ როგორ ერგება/შეეხამება ეს ასპექტები ერთმანეთს და ქმნის მთელს, მთლიანობას. მისი ნააზრევი დასტრუქტურებულია და ამგვარად, მოსწავლეს აქვს იმის უნარი, რომ შეადაროს, დააკავშიროს, გააანალიზოს, გამოიყენოს თეორია, ახსნას საკითხი მიზეზებისა და შედეგების კუთხით.
SOLO 5: გაფართოებული აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს შეუძლია სტრუქტურის განზოგადება მოცემულის/შეთავაზებულის მიღმა, სტრუქტურის აღქმა მრავალი სხვადასხვა კუთხიდან/თვალთახედვით და იდეების გადატანა ახალ სფეროში. მას შეუძლია განზოგადება, ჰიპოთეზის წამოყენება, კრიტიკა ან თეორიის ჩამოყალიბება.

შემაჯამებელი შეფასებისთვის გამოიყენება კომპლექსური დავალებები, რომლებიც მოითხოვს სამიხნე ცნებებით განსაზღვრული ცოდნის ინტეგრირებულად გამოყენებას ფუნქციურ კონტექსტებში.

ტიპობრივი დავალებები შემაჯამებელი შეფასებისათვის

სტანდარტის მოთხოვნათა მიღწევის შესაფასებლად რეკომენდებულია შემაჯამებელ დავალებათა მრავალფეროვანი ფორმების გამოყენება. შემაჯამებელი დავალება უნდა იძლეოდეს იმ ცოდნისა და უნარების სრულფასოვნად შეფასების საშუალებას, რომელთა დაუფლებასაც ემსახურებოდა სწავლების პროცესი.

საბუნებისმეტყველო საგნების შემაჯამებელ დავალებათა ტიპები შეიძლება იყოს: ტესტი, მოდელირება, პროექტი, პრეზენტაცია, კომპლექსური დავალება პრობლემის გადაჭრაზე დაფუძნებული დავალებები; ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზი, საველე/გასვლითი სამუშაოს ანგარიში და სხვ.

ტესტი – ტესტური დავალებების ერთობლიობა. ტესტური დავალებები შეიძლება იყოს როგორც დახურული, ასევე – ღია. დახურული ტიპის დავალებების ქულების წილი მთლიან ტესტში, სასურველია, არ აღემატებოდეს 30%-ს. ღია ტიპის დავალებები უნდა ამოწმებდეს მოსწავლეების ანალიტიკური აზროვნების უნარებს. სასურველია, ღია ტიპის ტესტურ დავალებებში წამყვანი იყოს კითხვები „რატომ“, „როგორ“. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების ტესტური დავალებები უნდა მოიცავდეს სქემების, ნახატებისა და ნახაზების წაკითხვის, გაგებისა და ანალიზის კომპონენტსაც. მოსწავლეს უნდა მოეთხოვებოდეს გრაფიკული მათემატიკის საშუალებებით მოცემული ინფორმაციის წაკითხვა და/ან გრაფიკული მათემატიკის საშუალებების აგება პროცესების აღწერის მიზნით.

კვლევა-ძიებაზე დაფუძნებული დავალებები (მათ შორის ექსპერიმენტული სამუშაოები) – დავალებები, რომლებიც მოითხოვს მოსწავლეების ჩართვას როგორც პრაქტიკულ კვლევით აქტივობებში, ისე მონაცემების დამუშავების, ანალიზის ინტერპრეტაციაში.

მოდელირება – პროცესის, მოვლენის, ობიექტის ანალოგის გამოყენება ან/და შექმნა. მოდელი შეიძლება იყოს როგორც ორგანოზომილური (სამეცნიერო ნახატი/ნახაზის შექმნა), ასევე სამგანზომილური. მნიშვნელოვანია, რომ მოსწავლეებმა შეძლონ ახსნა მოდელის კომპონენტების ფუნქციები, მოდელის დახმარებით აღწერონ პროცესები, შექმნან მოდელი გარკვეული პრობლემის გადასაჭრელად. აუცილებელია მოსწავლეებმა იმსჯელონ მოდელის შეზღუდვებზე (მაგ., ატომის სიბრტყეზე გამოსახული სქემა არასრულფასოვნად აჩვენებს, როგორ მოძრაობს ელექტრონები ატომბირთვის გარშემო).

პრობლემის გადაჭრაზე დაფუძნებული დავალებები – შესრულებული სამუშაო უნდა მოიცავდეს პრობლემის განსაზღვრას, ანალიზს, პრობლემის გადაჭრის ოპტიმალური გზის შერჩევასა და პრობლემის გადაჭრას. პრობლემის გადაჭრაზე დაფუძნებული დავალება უნდა იძლეოდეს ალტერნატიული გზების არსებობის შესაძლებლობას.

პროექტი – შესრულებული სამუშაო უნდა მოიცავდეს პრობლემის/საკითხის ანალიზს; პრობლემის/საკითხის ირგვლივ შეგროვებული ინფორმაციის ანალიზს, პროექტის დაგეგმვისა და შესრულების (აქტივობების) აღწერას, დასკვნებს, პროექტის საბოლოო პროდუქტს.

პრეზენტაცია – შესრულებული ნაშრომის წარდგენა აუდიტორიის წინაშე. მნიშვნელოვანია, რომ პრეზენტაცია არ უნდა იყოს მოძიებული ინფორმაციის წარდგენა. საპრეზენტაციო დავალება უნდა იძლეოდეს საშუალებას, თითოეულმა მოსწავლემ/ჯგუფმა წარმოადგინოს საკუთარი ორიგინალური გადაწყვეტილება, ანალიზი, შეფასება ან სხვა.

ტექნოლოგიების გამოყენება დიდ ინტერესს იწვევს ფიზიკის სწავლებისას. ამიტომ სასურველია, მათი გამოყენება სასწავლო პროცესში. კვლევებმა ცხადყო, რომ სიმულაციები ეფექტიანია საკითხების შესწავლის დროს, მაგრამ უკეთესია მათი კომბინირებული გამოყენება საშინაო დავალებებშიც. გთავაზობთ PhET-ის გამოყენებას სასწავლო პროცესში. მის დიზაინში ტექსტი მინიმალური დოზით არის წარმოდგენილი, ამიტომ გამარტივებულია სიმულაციების ინტეგრაცია სასწავლო კურსის თითქმის ყველა ასპექტში.

გაკვეთილის დაგეგმვისას გამოიყენეთ თემატიკის შესაბამისი მრავალფეროვანი რესურსები, შექმენით ისეთი კომპლექსური დავალებები, რომლებიც დაეყრდნობა ფიზიკის სხვადასხვა თემის, მათემატიკის, ქიმიისა და სხვა საგნების ცოდნას. გაითვალისწინეთ, რომ სასურველი იქნება ინტერნეტრესურსების გამოყენება, რადგანაც ისინი გაზრდის მოტივაციას, მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს თვითრეგულირების უნარების განვითარებასა და სწავლის ხარისხის გაუმჯობესებაში.

<https://phet.colorado.edu> და <http://vplab.ndo.co.uk/free-sample>

ამ საიტებზე მოცემულია სიმულაციები, რომლებიც შეიცავს თამაშებსაც. ისინი შესაძლებელია გამოიყენოთ როგორც გაკვეთილზე, ასევე სახლში სამუშაოდ.

<https://ka.khanacademy.org/science/physics>

ამ საიტზე მოცემულია ვიდეომასალა და სავარჯიშოები ესგ-ით გათვალისწინებულ ყველა თემაზე, რაც მასწავლებელს საშუალებას მისცემს, თვალი ადევნოს და მისცეს ზუსტი და საჭირო რეკომენდაციები, ინდივიდუალური დავალებები შესრულებული სამუშაოს შესაბამისად; დააკვირდეს მოსწავლის წინსვლასა და დახელოვნებული უნარების რაოდენობის ზრდას მთელი სასწავლო წლის განმავლობაში.

<https://learningapps.org> ამ საიტზე მასწავლებელს შეუძლია თვითონ შექმნას მისთვის საჭირო რესურსი ან გამოიყენოს კოლეგების შექმნილი რესურსები სასწავლო თემის შესაბამისად.

მასწავლებელს შეუძლია თვითონაც მოიფიქროს თემატური საკვანძო შეკითხვები საკუთარი პედაგოგიური პრაქტიკის გათვალისწინებით ისე, რომ შეძლოს:

მოსწავლის წინარე ცოდნის გააქტიურება, ცნობისმოყვარეობის გაღვივება, პროვოცირება ახალი ცოდნის შესაძენად;

სასწავლო თემის შედეგზე ორიენტირებულად სწავლა-სწავლების უზრუნველყოფა;

თემის სწავლა-სწავლების პროცესში შუალედური ბიჯების/ეტაპების განსაზღვრა და ორგანიზება.

ყოველივე ამის შესრულების შედეგად მოსწავლეს უყალიბდება მკვიდრი წარმოდგენები, რომლებიც სტანდარტის შედეგებზე დაყრდნობით განისაზღვრება. ეს ზოგადი წარმოდგენები თემის შესწავლისას უნდა ჩამოყალიბდეს მოსწავლის ხანგრძლივ მეხსიერებაში წინარე წარმოდგენებზე დაყრდნობით, რათა მას თემის ფარგლებში დასახული მიზნების მიღწევა გაუადვილდეს. მკვიდრი წარმოდგენები აზროვნების საყრდენია გაგების აქტების განსახორციელებლად.

სასწავლო პროცესში სამი სხვადასხვა ტიპის ტესტის გამოყენება გადაწყვეტიტ:

მიღწევის შემაჯამებელი ტესტი, რომელიც გვიჩვენებს, რა ისწავლა და რა იცის მოსწავლემ სასწავლო თემის დასრულების შემდეგ.

დიაგნოსტიკური ტესტი, რომელიც გამოავლენს მოსწავლის ძლიერ და სუსტ მხარეებს, კონკრეტული საკითხის სწავლების დაწყებამდე არსებულ წინაწარ საჭირო ცოდნას.

ცდის ჩატარებისა და აღწერის უნარ-ჩვევების ტესტი, რომელიც გვიჩვენებს, თუ რამდენად სრულად იყენებს მოსწავლე საკუთარ შესაძლებლობებს სასწავლო პროცესში წარმატებების მისაღწევად, საკითხის ყოველმხრივ გასააზრებლად.

სწავლების თანამედროვე მეთოდები და სწავლის სტრატეგიები

კვლევები ადასტურებს ფიზიკის გაკვეთილებზე დიფერენცირებული სწავლების უპირატესობას. ამ მეთოდის გამოყენებით მასწავლებელი შეძლებს განავითაროს შემეცნებითი ინტერესები და მოარგოს დაგეგმილი გაკვეთილი მოსწავლეთა სწავლების ინდივიდუალურ სტილსა და ინტელექტუალურ შესაძლებლობებს. რა უნდა გაკეთდეს იმისათვის, რომ გაიზარდოს მოსწავლის შემეცნებითი ინტერესი სამეცნიერო მიმართულებით, იმის გათვალისწინებით, რომ ფიზიკა ყოველდღიური ცხოვრების განუყოფელი ნაწილია?

მასწავლებელმა უნდა შეძლოს მოსწავლეთა დონის დიფერენციაცია და შესაბამისი დავალების არჩევანის შესაძლებლობის მიცემა. დიფერენცირება ხელს შეუწყობს ყოველი მოსწავლის მიერ მისთვის ხელმისაწვდომი სირთულის დონის გააზრებას (მისი უახლოესი განვითარების ზონაში).

განვიხილოთ ათვისების სამი დონე:

პირველი დონე - რეპროდუქციული, რაც გულისხმობს ფაქტების დამახსოვრებას. მას შეესაბამება აქტივობები: აჩვენე, შეუსაბამე, დაასახელე, განსაზღვრე, ამოიცანი და ა.შ.

მეორე დონე - პრაქტიკული, რაც გულისხმობს ცოდნის გამოყენებას ნაცნობ სიტუაციაში, რომელიც განისაზღვრა განზოგადებული ალგორითმის საფუძველზე (სქემა) და მკაფიოდ განსაზღვრული წესების შესრულებას. მას შეესაბამება აქტივობები: გაზომე, ახსენი, მოახდინე კორელაცია, დაახასიათე, შეადარე და ა.შ.

მესამე დონე - მაღალი ანუ შემოქმედებითი, რაც ნიშნავს ცოდნის გამოყენებას უცხო გარემოში, შემოქმედებითი ამოცანების შესრულებას. მასწავლებელს შეუძლია მიმართოს მოსწავლეს შემდეგი ფრაზებით: ჩამოაყალიბე ზეპირი ან წერილობითი პასუხი; მიიღე გადაწყვეტილება; გააანალიზე ინფორმაცია; დაამყარე ლოგიკური კავშირი; გამოიტანე დასკვნა; მოიყვანე მაგალითები და შეეცადე მის დასაბუთებას; მოიძიე საჭირო ინფორმაცია და ა.შ. ამ მეთოდის გამოყენებისთვის მასწავლებელმა უნდა გაითვალისწინოს შემდეგი საკითხები:

- 1) მასალის შინაარსი დონეების მიხედვით;
- 2) შეიმუშაოს მოსწავლეთათვის გეგმები თემის ინდივიდუალურად შესასწავლად;
- 3) შექმნას მინილექციები, სემინარები და პრეზენტაციები;
- 4) აღრიცხოს ზეპირი პასუხები;
- 5) ხშირად ჩაატაროს წერითი დავალებები მინიტესტების (ქვიზი) სახით;
- 6) შეძლოს სადიაგნოსტიკო წერის შედეგების ანალიზი და შეცდომების გასწორება.

უნდა გვახსოვდეს და ყოველთვის ვითვალისწინებდეთ, რომ თუ გვინდა მოსწავლეში რამე შევცვალოთ, უნდა დავეყრდნოთ მის ძლიერ მხარეს, ურთიერთპატივისცემას. მასწავლებელი და სასკოლო გარემო ხელს უნდა უწყობდეს პიროვნების დადებითი კონტექსტის წარმოჩენასა და განსხვავებულობის მიმღებლობას.

ეროვნული სასწავლო გეგმა არის საკანონმდებლო დოკუმენტი, რომელიც განსაზღვრავს:

რა უნდა იცოდეს მოსწავლემ;

რა უნდა შეეძლოს მოსწავლეს;

რა ღირებულებებით უნდა აღიზარდოს მოსწავლე;

რა პრინციპებს უნდა ეფუძნებოდეს სწავლა-სწავლების პროცესი.

მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმა მიზნად ისახავს, რომ მოსწავლეებს ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის გადაცემასთან ერთად, განუვითარდეთ მიღებული ცოდნის რეალიზაციის უნარებიც, აზროვნების უნარი და შეძლონ მიღებული ცოდნის სხვადასხვა დისციპლინასთან დაკავშირება.

ზოგადი განათლების ეროვნული მიზანი განსაზღვრავს, თუ როგორი მოქალაქის აღზრდას უნდა შეუწყოს ხელი განათლების სისტემამ, ხოლო ეროვნული სასწავლო გეგმა ქმნის გარემოს ამ მიზნის მისაღწევად. ეროვნულ სასწავლო გეგმაში არ არის საკითხთა ჩამონათვალი. მასში გრძელვადიანი მიზნები განსაზღვრულია სასწავლო შედეგებისა და სამიზნე ცნებების სახით. იმისათვის, რომ სწავლა-სწავლების პროცესი მეტად ორგანიზებული იყოს, მესამე თაობის ეროვნულ სასწავლო გეგმაში შემოტანილია სამიზნე ცნებები და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები. სამიზნე ცნებები და მკვიდრი წარმოდგენები არის ძლიერად ორგანიზებული იდეები. ისინი უფრო ზოგადი და ფართო გაგებისაა, ვიდრე კონკრეტული თემა ან საგნობრივი საკითხი. ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნა და უნარები გამოყენებული უნდა იყოს, როგორც საფუძველი ღრმა სააზროვნო უნარების ჩამოსაყალიბებლად, რაც გამოვლინდება საკითხის ანალიზისა და კვლევის დროს. მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმა ეფუძნება ცნებების პედაგოგიკას.

სამიზნე ცნება – გრძელვადიანი მიზანი, რომელი მიმართულებითაც ცოდნის გაღრმავება უნდა მოხდეს საბაზო და საშუალო საფეხურის განმავლობაში.

სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენები – ზოგადი ჩამოყალიბებული აზრი, რომელიც უნდა დარჩეს მოსწავლეს მოცემულ სამიზნე ცნებასთან მიმართებაში.

ფიზიკაში საშუალო საფეხურზე განსაზღვრულია ოთხი სამიზნე ცნება:

„მატერია“

„ენერგია“

„ძალა“

„ფიზიკური პროცესი“

თითოეული სამიზნე ცნება წარმოადგენს ძირითად მიმართულებებს ფიზიკაში. სწავლა-სწავლების პროცესის დროს, ნებისმიერ თემაში, ნებისმიერი საგნობრივი საკითხის გავლისას, მოსწავლეს უყალიბდება მკვიდრი წარმოდგენები ზემოთ ჩამოთვლილ რომელიმე სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებით. შესაძლოა რომელიმე საგნობრივი საკითხის დამუშავებისას მოსწავლეს ყველა ან რამდენიმე სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებით გაუჩნდეს გარკვეული ზოგადი ხედვა. როდესაც ყველა ძირითად თემაში თავმოყრილი საგნობრივი საკითხი დამუშავდება, თითოეული საკითხის შესწავლისას გაჩენილი ზოგადი ხედვების ერთობლიობა ქმნის სამიზნე ცნების მკვიდრ წარმოდგენებს. მნიშვნელოვანია, რომ სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების ერთობლიობა მოიცავს ყველა იმ ზოგად, კონცეპტუალურ ხედვას, რაც შეიძლება მოსწავლეს სკოლაში განათლების მიღებისას ჩამოუყალიბდეს.

ზემოთ ჩამოთვლილი სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენები, **საშუალო საფეხურის** თემებისა და საკითხების შესაბამისად, **შესაძლებელია** ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად:

სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები „მატერია“ – მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:
მატერიის ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები სხვადასხვა გარემოებაზეა დამოკიდებული: ა) ნივთიერების გვარობაზე, ტემპერატურასა და გარემო პირობებზე; ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთმდებარეობასა და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე.
2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები მრავალი გარემოებით აიხსნება: ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით; ბ) ველის წარმომქმნელი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებითა და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის წარმოქმნის უნარით.
3) მატერიის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების ცვლილება დამოკიდებულია გარემო პირობებზე. აღნიშნული ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილების გამომწვევ სხვა ფიზიკურ სიდიდეებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით.

სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები
„ენერგია“ – მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:
1) სისტემის შემადგენელ სხეულებს მათი მოძრაობისა და სხვა სხეულებთან ურთიერთქმედების ასევე სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და მათი ერთმანეთთან ურთიერთქმედების გამო შესაძლებელია გააჩნდეთ სხვადასხვა სახის ენერგია (მექანიკური, შინაგანი, ელექტრული და ა.შ.). თუ სისტემა ჩაკეტილია, შესაძლებელია სისტემის შემადგენელი სხეულების ენერგიები იცვლებოდეს, გარდაიქმნას ერთი სახიდან მეორეში, მაგრამ სისტემის სრული ენერგია მუდმივი სიდიდეა.
2) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერგიის ცვლილება განისაზღვრება მის მიერ (მასზე გარე ძალების მიერ) მუშაობის შესრულებით.
3) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერგიებისა და მათი ცვლილების დამოკიდებულება ენერგიების ცვლილების გამომწვევ მიზეზებთან, ასევე სხეულთა სისტემის მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრებისა და ამ მდგომარეობის გამომწვევი ძალის (ძალების) ერთმანეთთან დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით.

სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები
„ძალა“ – მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:
1) სხეულებს შორის ურთიერთქმედება რაოდენობრივად ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, ძალით და იგი შესაძლებელია იყოს ოთხი სხვადასხვა სახის (გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ძლიერი, სუსტი). ეს ურთიერთქმედება ყოველთვის ორმხრივია და ხორციელდება უშუალო „კონტაქტით“ ან ველის საშუალებით.
2) სხეულზე ერთი ძალის ან ძალების ტოლქმედის მოქმედება იწვევს ამ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას. ძალის (ტოლქმედის) მოქმედების შედეგი კი დამოკიდებულია მის მოდულზე, მიმართულებაზე, მოდების წერტილსა და მოქმედების ხანგრძლივობაზე.
3) სხეულთა სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ენერგიისა და იმპულსის ცვლილებას.

სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები
„ფიზიკური პროცესი“ – მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:
1) სხეულთა და ელექტროება, მათი შემადგენელი ატომების აგებულებასთან არის დაკავშირებული, კერძოდ, ელემენტარული ნაწილაკების გადასვლასთან ერთი სხეულიდან მეორეზე.
2) წერტილოვანი მუხტის მოძრაობა ელექტრულ ველში იწვევს ენერგიისა და მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრების ცვლილებას, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად.

სწავლა-სწავლების პროცესში გვხვდება სამი ძირითადი კომპონენტი:

1. ფაქტობრივი ცოდნა (მაგალითად, მოსწავლემ იცის კულონის კანონი, გამოსახავს მას ფორმულით, თუმცა მისი დახმარებით პრობლემის გადაჭრას ვერ ახერხებს);
2. პროცედურული ცოდნა (მაგალითად, მოსწავლემ იცის კულონის კანონი და მისი დახმარებით ახერხებს ამოცანების ამოხსნას);
3. ცოდნის გამოყენება პრაქტიკაში (მაგალითად, მოსწავლემ იცის კონდენსატორის შეერთების სახეები და შეუძლია მათი გამოყენება სასურველი ტევადობის ბატარეის მისაღებად).

ცხადია, მესამე კომპონენტი ცოდნის გამოყენება ყოველდღიურობაში დამოკიდებულია როგორც ფაქტობრივი, ასევე პროცედურული ცოდნის განვითარებაზე. ამიტომ სწავლა-სწავლების პროცესში აღნიშნული კომპონენტები „ჯაჭვით“ არის გადაბმული.

იმისათვის, რომ მოსწავლემ შეიძინოს ფაქტობრივი ცოდნა, მასწავლებელმა ყურადღება უნდა გაამახვილოს სახელმძღვანელოში მოცემული პარაგრაფების შინაარსის დაუფლების

ხარისხზე. მოსწავლის წიგნში, თითოეული პარაგრაფის ბოლოს მოცემულია „დასკვნები“, რომლებშიც მოკლედ გამოტანილია პარაგრაფის შინაარსი. „დასკვნების“ შემდეგ მოცემულია „საკონტროლო კითხვები“, რომლებიც კარგი საშუალებაა იმის შესამოწმებლად, თუ როგორი ხარისხით გაიაზრა მოსწავლემ პარაგრაფის შინაარსი.

პროცედურული ცოდნის გასაღრმავებლად სახელმძღვანელოს ყველა პარაგრაფის შემდეგ მოცემულია ათი ამოცანა („ამოხსენით ამოცანები“), რომლებიც დალაგებულია სირთულის მიხედვით. თითოეული ამოცანა შერჩეულია მოცემულ პარაგრაფში გადმოცემული ცოდნის შესაბამისად და, ამავდროულად, ზოგიერთი ამოცანა მოიცავს განვლილ პარაგრაფებში (შესაძლოა გასულ წლებშიც) მიღებული ცოდნის გამოყენებასაც. ყველა პარაგრაფის ბოლოს მოცემულია რუბრიკა „ერთად ამოვხსნათ ამოცანა“, სადაც ნიმუშის სახით განხილულია ერთი ამოცანა. ეს უკანასკნელი იმდაგვარადაა შერჩეული, რომ მოსწავლემ ყურადღება გაამახვილოს მსგავსი (პარაგრაფის შემდეგ მოცემული ზოგიერთი ამოცანის) ამოცანების ამოხსნისთვის საჭირო პროცედურებზე.

იმისათვის, რომ მოსწავლეებს განუვითარდეთ მიღებული ცოდნის რეალიზაციის უნარი სწავლა-სწავლების პროცესში აუცილებელია შესაბამისი აქტივობები, რომლებიც კომპლექსური დავალებების სახით არის მოცემული მასწავლებლის წიგნში.

კომპლექსური დავალება არის შემოქმედებითი პროდუქტი, რომლითაც მოსწავლე ადასტურებს, თუ რა გაიგო შესასწავლ საკითხთან დაკავშირებით. კომპლექსური დავალება გულისხმობს: პრობლემაზე ორიენტირებულ სწავლებას, პროექტულ სწავლებას, კეთებით სწავლებას და სხვა.

კომპლექსური დავალების შექმნა/განხორციელება

კომპლექსური დავალების შექმნისას მასწავლებელმა ყურადღება უნდა გაამახვილოს შემდეგ ნიუანსებზე:

კომპლექსური დავალების პირობა უნდა იყოს მკაფიოდ ჩამოყალიბებული. პირობაში უნდა ჩანდეს, თუ რა შემოქმედებითი პროდუქტი უნდა შექმნას მოსწავლემ. პირობა სასურველია მოიცავდეს ცხოვრებისეულ ელემენტებსა და მოვლენებს, რომელთა ახსნისას (რაიმეს დამზადებისას, რეალური მოვლენის ვირტუალურ ლაბორატორიაში მოდელირებისას) მოსწავლეს უნდა უწევდეს მიღებული ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის რეალიზება. კომპლექსური დავალება უნდა იყოს გათვლილი რომელიმე სამიზნე ცნების მიმართულებით ცოდნის გაღრმავებაზე. შესაძლებელია, რომ ერთსა და იმავე დავალებაში, ერთდროულად რამდენიმე სამიზნე ცნება დამუშავდეს.

უმჯობესია, კომპლექსური დავალება დაეყრდნოს რამდენიმე საგნობრივ საკითხს (რამდენიმე პარაგრაფს ერთდროულად), რადგან მოსწავლემ სხვადასხვა საკითხში მიღებული ცოდნის გამოთლიანება შეძლოს. ყოველივე აღნიშნული მას განუვითარებს, ეგრეთწოდებულ, „21-ე საუკუნის უნარებს“, რაც გულისხმობს: ცოდნის რეალიზებას, ინფორმაციის მოძიებას, დამუშავებას, ანალიზს, შეფასებას და ა.შ. აღნიშნული უნარების განვითარება კი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია, რათა თავი დაიმკვიდროს კონკურენტუნარიან და სწრაფად ცვალებად სამყაროში.

კომპლექსური დავალების პირობას უნდა მოსდევდეს შეფასების კრიტერიუმები. შეფასების კრიტერიუმები იმდაგვარადაა ჩამოყალიბებული, რომ მოსწავლეს უჩვენებს, თუ რა უნდა წარმოაჩინოს ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით. შეფასების კრიტერიუმები ასევე გვიჩვენებს კომპლექსური დავალების შესრულებისას, მოსწავლის მიერ მკვიდრი წარმოდგენების ფლობას. შესაბამისად, შეფასების კრიტერიუმები უნდა ჩამოყალიბდეს სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების მიხედვითაც. მასზე მუშაობისას მოსწავლეს

უნდა მოუწიოს ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის რეალიზების უნარის გამოყენება, კვლევის უნარების გამოყენება, ინფორმაციის მოძიების, დამუშავების, გაანალიზების უნარების გამოყენება, ამოცანის განზოგადება და სხვა.

შეფასება

სწავლა-სწავლების პროცესში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს მოსწავლეთა შეფასებას. შეფასება არსებობს ორგვარი: განმავითარებელი და განმსაზღვრელი.

განმავითარებელი შეფასების მიზანია მოსწავლის მიღწევებში ძლიერი მხარის გამოკვეთა, ხოლო იმ ნაწილში, სადაც ჯერ კიდევ გასაუმჯობესებელია მოსწავლის ცოდნის დონე, შესაბამისი განმავითარებელი რჩევების მიცემა.

განმსაზღვრელი შეფასების მიზანია მოსწავლის ცოდნის დონის გამოკვეთა. განმსაზღვრელი შეფასებისას ვიყენებთ 10 ბალიან სისტემას.

ა) განმავითარებელი შეფასებისას უმჯობესია დავეყრდნოთ „სოლო“ ტექსტს. „სოლო“ არის ცოდნის აგების მოდელი, თეორია სწავლა-სწავლების შესახებ. მოდელი ეფუძნება ცოდნის აგებისა და გაღრმავების სტრუქტურას დაწყებული ზედაპირული ცოდნიდან. იგი მოიცავს ცოდნის განვითარების გზას და ღრმა კონცეპტუალურ გაგებას.

„სოლო“ მოიცავს ხუთ სასწავლო შედეგს:

პრესტრუქტურული დონე (მოსწავლეს არა აქვს იდეა განსახილველ საკითხთან მიმართებაში);

უნიტრუქტურული დონე (მოსწავლეს აქვს ერთი ან მწირი რაოდენობის იდეა განსახილველ საკითხთან მიმართებაში);

მულტისტრუქტურული დონე (მოსწავლეს აქვს რამდენიმე იდეა განსახილველ საკითხთან მიმართებაში, თუმცა ვერ ახერხებს იდეების დაკავშირებას, ვერ ამთლიანებს ცოდნას);

მიმართებითი დონე (მოსწავლეს აქვს საკითხის გადასაჭრელად საკმარისი თითქმის ყველა იდეა, აკავშირებს მათ ერთმანეთთან და წარმატებით ართმევს თავს ამოცანას);

აბსტრაქტული დონე (მოსწავლე წარმატებით ართმევს თავს ამოცანას და ამასთან ერთად შეუძლია მისი განზოგადება, შეუძლია გასცდეს ამოცანას, დაუკავშიროს იგი სხვა დისციპლინებს, იმსჯელოს ამოცანის სხვადასხვაგვარი გადაჭრის გზებზე და ა.შ.).

სოლოს დონეები ასახავს ორ ცვლილებას სასწავლო შედეგებში:

1) რაოდენობრივ ცვლილებას (მოსწავლე გადადის პრესტრუქტურულიდან უნიტრუქტურულ დონეზე ან გადადის უნიტრუქტურულიდან მულტისტრუქტურულ დონეზე), როდესაც იზრდება იდეების რაოდენობა, როდესაც მოსწავლემ იცის უფრო მეტი.

2) თვისებრივ ცვლილებას (მოსწავლე გადადის მულტისტრუქტურულიდან მიმართებით დონეზე ან მიმართებითიდან აბსტრაქტულ დონეზე), როდესაც იზრდება გაგების ხარისხი.

სოლოს დონეების ილუსტრაცია შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად:

პრესტრუქ- ტურული	უნიტრუქ- ტურული	მულტი- სტრუქტურული	მიმართებითი	აბსტრაქტული (განზოგადებული)
სწავლის შედეგები აჩვენებს დაუკავშირებელ, გაუაზრებელ ცოდნას	სწავლის შედეგები აჩვენებს მარტივ კავშირს, ოღონდ უმნიშვნელოსა და გაუაზრებელს (მოსწავლეს შეუძლია მარტივი კავშირის დამყარება, ძირითადად გაუაზრებლად)	სწავლის შედეგად კავშირები მყარდება, თუმცა საერთოსთან მიმართებით ჯერ პასუხი არ არის მიღებული	სწავლის შედეგად მყარდება კავშირები, ცოდნის ნაწილი სინთეზირებულია მთლიანთან, საერთო იდენტასთან და წარმოადგენს სრულ სურათს	სწავლის შედეგად გაცდა საგანს და ნასწავლს უკავშირებს სხვა დისციპლინებს, ცნებებს – შეუძლია განზოგადება, პროგნოზირება, შეფასება
არ მაქვს იდეა	ერთი იდეა	რამდენიმე იდეა	იდეების დაკავშირება	იდეების განზოგადება

ცხრილში მოცემულია ზმნები, რომლებიც მიმართებაშია სოლოს სხვადასხვა დონესთან:

სოლოს დონეები	ზმნები	ფაზა
აბსტრაქტული	განზოგადება, პროგნოზირება, შეფასება, ასახვა, შექმნა	თვისებრივი
მიმართებითი	თანმიმდევრობა, კლასიფიცირება, ახსნა, შედარება, კონტრასტის ჩვენება, გაანალიზება, გამოყენება, დაკავშირება	
მულტი- სტრუქტურული	აღწერა, ჩამოთვლა, ორგანიზება	რაოდენობრივი
უნი- სტრუქტურული	განსაზღვრება, იდენტიფიცირება, მარტივი პროცედურის შესრულება	
პრე- სტრუქტურული	არანაირი ზმნა – მოსწავლე ვერ იაზრებს საკითხს, არ აქვს იდეა	

ქვემოთ მოცემულია ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის განმავითარებელი შეფასების რუბრიკა:

სოლოს დონეები	
აბსტრაქტული დონე	პროცედურული: მუშაობს დამოუკიდებლად, აფართოებს ცოდნას, ცდილობს უკეთესი გზების ძიებას, სტრატეგიების შემუშავებას. ფაქტობრივი: შეუძლია იდეის განზოგადება, სხვა იდეებთან დაკავშირება და ახალი თვალთ „გადააზრება“, ცოდნის ტრანსფერი სხვა დისციპლინებთან.
მიმართებითი დონე	პროცედურული: ასრულებს სამუშაოს დამოუკიდებლად და გაცნობიერებულად, შეუძლია გადაწყვეტილების მიღება, შეცდომის გამოსწორება. ფაქტობრივი: პრობლემაზე მუშაობის დროს შეუძლია მიღებული ცოდნის (ნასწავლის) დაკავშირება და გამოყენება მთლიანი პრობლემის გადასაჭრელად, ასევე მსჯელობით დასაბუთება.
მულტისტრუქტურული დონე	პროცედურული: ასრულებს მოქმედებებს დამოუკიდებლად, თუმცა ჯერ არა აქვს საკითხი ბოლომდე გააზრებული, ვერ იაზრებს, რატომ და როგორ/როდის უშვებს შეცდომებს. ფაქტობრივი: საკითხთან მიმართებით ფლობს რამდენიმე შესაბამის იდეას/ინფორმაციას, აქვს უსისტემო ცოდნა (იცის ცალკეული წესები, ფორმულები, კანონები, თუმცა ვერ აკავშირებს ერთმანეთთან და პრობლემასთან, რომ მიიღოს საბოლოო შედეგი).
უნიტრუქტურული დონე	პროცედურული: ასრულებს პროცედურას მხოლოდ მითითების შემდეგ ან სხვისი მოქმედების გამეორების შედეგად. ფაქტობრივი: საკითხთან მიმართებით ფლობს ერთ შესაბამის იდეას, ინფორმაციას, ცნებას.
პრესტრუქტურული დონე	ვერ იწყებს მუშაობას.

განმავითარებელი შეფასებისას ძირითად როლს განმავითარებელი კომენტარი ასრულებს. განმავითარებელი კომენტარი მოსწავლისთვის წარმოადგენს მკაფიო ინსტრუქციას, რომლის საშუალებითაც მისი ცოდნის დონე უნდა ამაღლდეს. შესაბამისად, განმავითარებელი კომენტარები არ უნდა იყოს ბუნდოვანი (უფრო მეტი უნდა იმეცადინო, უფრო მეტი ამოცანა უნდა შეასრულო და ა.შ.). კომენტარი უნდა იყოს მკაფიო – მოსწავლეს კონკრეტულად უნდა მივანიშნოთ, თუ რისი გაკეთებაა საჭირო მისი ცოდნის დონის ასამაღლებლად.

სასწავლო რესურსების გამოყენება

სწავლების სხვადასხვა ეტაპზე მასწავლებელს სჭირდება, გასცდეს სახელმძღვანელოს ჩარჩოებს; შექმნას საკუთარი სასწავლო რესურსი ან გამოიყენოს სხვისი შექმნილი გარკვეული სახის დამატებითი მასალა.

მას შეუძლია **დამატოს** სავარჯიშოები უკვე არსებულ აქტივობებს; **გამოტოვოს** ის აქტივობები, სავარჯიშოები, ამოცანები, რომლებიც ვერ აკმაყოფილებს მისი მოსწავლეების საჭიროებებსა თუ მოთხოვნილებებს; **ჩაანაცვლოს** სახელმძღვანელოში მოცემული მასალა სხვა დამატებითი მასალით; **შეცვალოს** აქტივობების ორგანიზაციული სტრუქტურა, მაგ., წყვილები, ჯგუფები თუ მთელი კლასი. რესურსმა უნდა უზიაროს, გეზი მისცეს მოსწავლეებს სწავლის უნარებისა და სტრატეგიების განსავითარებლად და დასახვეწად, მან მოსწავლეს საკითხში ჩაღრმავების საშუალება უნდა მისცეს.

ლაბორატორიაში უსაფრთხოდ მუშაობა

სასურველია წლის დასაწყისში ერთ-ერთ გაკვეთილზე განხილული იყოს მოსწავლეთა უსაფრთხოების საკითხები და მათთან ერთად შედგეს გაკვეთილზე მოქმედი წესების ნუსხა, რომელსაც ხელს მოაწერს როგორც თითოეული მოსწავლე, ასევე მასწავლებელი.

განიხილეთ უსაფრთხოების ნიშნები, პიქტოგრამების მნიშვნელობები ელექტრონული რესურსის დახმარებით - <https://learningapps.org/1106046>. ასევე უნდა იმსჯელოთ ნებისმიერი ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულების წინ მოსალოდნელ საფრთხესა და მისი თავიდან აცილების გზებზე. შემოგთავაზებთ მოსწავლეთა უსაფრთხოების წესების ნიმუშს:

ექსპერიმენტის, ცდის შესრულება დაიწყეთ მხოლოდ იმის შემდეგ, რაც დარწმუნდებით, რომ შეგიძლიათ მისი უსაფრთხოდ განხორციელება;

ლაბორატორიაში იმუშავეთ მასწავლებლის მიერ მოცემული ინსტრუქციის შესაბამისად;

გახსოვდეთ, რომ ლაბორატორიაში აკრძალულია სირბილი, ხმაური, ჭამა, ხელსაწყოების უნებართვოდ ჩართვა ქსელში;

საჭიროების შემთხვევაში, გამოიყენე პერსონალური დაცვის საშუალებები: ხელთათმანი, სათვალე და სხვა.

ცდის დასრულების შემდეგ მოაწესრიგე გამოყენებული ხელსაწყოები.

ფიზიკის მე-10 კლასის კურსის მიზნის მისაღწევად გაითვალისწინეთ შემდეგი საკითხების აუცილებლობა

ყველა გაკვეთილი უნდა შედგებოდეს

თემასთან დაკავშირებული წინარე ცოდნის განსაზღვრისგან და დასახული გეგმის შესასრულებელი ინტერვენციებისგან. ამიტომ მასწავლებელს უნდა ჰქონდეს წინარე ცოდნის განსაზღვრისთვის - საშინაო დავალების შემოწმების სტრატეგიები, შეკითხვები, შესასვლელი ბილეთები.

გაკვეთილის განმავლობაში - მოტივაციის ასამაღლებელი, ინფორმაციის მიწოდების, დისკუსიის, დაკვირვებისა და დასკვნის გამოტანის სტრატეგიები, ინტერვენციის განსაზღვრის, შეფასების მეთოდები, რუბრიკები.

გაკვეთილის შემდეგ - საკითხის შესწავლის, დახელოვნების დონის განსაზღვრისთვის ჩასატარებელი მცირე ტესტი (ქვიზი) ან საშინაო ცდა და შესრულებული სამუშაოს შეფასების მექანიზმი, შეფასების სქემა, ცდის შედეგების შეჯამების განსაზღვრის მეთოდი.

თემის შემაჯამებელი სამუშაოს ჩატარებამდე - ფოკუსირება ამოცანების ამოხსნაზე, მკვიდრი წარმოდგენების განსაზღვრაზე, ფორმულების გააზრების უნარზე, ერთეულებს შორის კავშირის ცოდნაზე. სასურველია დაიგეგმოს ინტერვენცია.

ესგ სტანდარტიზებული ტესტის მომზადება - გამოიყენეთ ასარჩევასუბიანი ტესტი, ლიდაბოლოებიანი ამოცანები და შესაბამისობის მოსაძებნი ტესტები.

ესგ სტანდარტიზებული ტესტის შემდეგ - გაანალიზეთ შედეგები, დაგეგმეთ დამატებითი მუშაობა პრობლემურ საკითხებზე დასწავლის სირთულის მქონე მოსწავლეებთან.

გაკვეთილზე

ყველა მოსწავლისთვის საჭიროა:

საკლასო ცდების, ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარება;
საშინაო დავალების შესრულება და საშინაო ცდების ჩატარება;
ამოცანების ამოხსნა სპეციალურად გამოყოფილ რვეულში.

ეს უნდა ვიცოდე - ჩანაწერების სპეციალური რვეული ან ბლოკნოტი ძირითადი დასკვნების, წესების, ფორმულების, ერთეულების შესახებ ინფორმაციისათვის;
ონლაინ ინტერაქტიული სამუშაოები;
ელექტრონული რესურსები.

სპეციალური საჭიროების მოსწავლეებისთვის საჭიროა:

ინდივიდუალური სამუშაო გეგმა, შესაბამისი საკლასო და საშინაო დავალების ნიმუშები; კითხვის სტრატეგიები;

წინასწარ მომზადებული საკითხის შესწავლის მზაობის განსასაზღვრავი კითხვარი ან ტესტი;

ინტერვენციის გეგმა.

ეს უნდა ვიცოდე - ჩანაწერების სპეციალური რვეული ან ბლოკნოტი ძირითადი დასკვნების, წესების, ფორმულების, ერთეულების შესახებ ინფორმაციისათვის;

ონლაინ ინტერაქტიული სამუშაოები;

ელექტრონული რესურსები.

ქართული ენის (ქართული, როგორც მეორე ენა) შემსწავლელი მოსწავლეებისთვის

კითხვის სტრატეგიები;

გამოყენებული ტერმინების ლექსიკონი;

მულტილინგვისტური რესურსები (პოსტერები, ბარათები);

წინასწარ მომზადებული საკითხის შესწავლის მზაობის განსასაზღვრავი კითხვარი ან ტესტი;

ეს უნდა ვიცოდე - ჩანაწერების სპეციალური რვეული ან ბლოკნოტი ძირითადი დასკვნების, წესების, ფორმულების, ერთეულების შესახებ ინფორმაციისათვის;

ონლაინ ინტერაქტიული სამუშაოები;

ელექტრონული რესურსები.

საკითხის სწავლებისთვის

თემის გაცნობა;

მიზნის გაცნობა;

შეფასების სქემის გაცნობა;

ტერმინებისა და უცხო სიტყვების განმარტება;

პრეზენტაცია, მინილექცია;

ინტერაქტიული შეკითხვები;

დისკუსია;

ჯგუფური მუშაობა;

ლაბორატორიული სამუშაო, ცდა ან ონლაინ ინტერაქტიული მუშაობა.

ტექნოლოგიების გამოყენება გაკვეთილზე

“Powerpoint” პრეზენტაცია

ინტერაქტიული ონლაინ სავარჯიშო მანიპულაციები - <https://phet.colorado.edu>

videoebi <https://ka.khanacademy.org/science/physics>, <https://learningapps.org/>-

განმტკიცებისთვის

სახელმძღვანელოში მოცემული თეორიული მასალა;

ამოცანების ამოხსნა;

ხშირად დაშვებული შეცდომები და მათი გამოსწორება;

დიფერენცირებული დავალებების შესრულება;

კომპლექსური დავალებების შესრულება.

შეფასებისთვის

შეფასების სქემები;

ტექნოლოგიების გამოყენება შეფასებაში

edmodo ტესტები

exel ფორმები ანალიზისთვის

tvschool.ge ტესტები

შეფასება

რას ითვალისწინებს შეფასების თითოეული კომპონენტი:

1) 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.

2) 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 სწავლა-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 ფორმების გამოყენება. საბუნებისმეტყველო საგნების შემაჯამებელ დავალებათა ტიპები შეიძლება იყოს: ტესტი, სხვადასხვა ტიპის სავარჯიშო.

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.

ქვემოთ მოცემულია თემატური მატრიცები ორი ძირითადი თემისთვის:

1. არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობა;
2. დინამიკა და სტატიკა.

ელექტროსტატიკა

თემა: ელექტროსტატიკა

საათების სავარაუდო რაოდენობა – 30

თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:

სხეულების დაელექტროება ხდება სხვადასხვა ნივთიერებისაგან შედგენილი სხეულების ერთმანეთზე ხახუნისას;

- დაელექტროებული სხეულების ურთიერთქმედება განსხვავდება გრავიტაციული ურთიერთქმედებისაგან;
- ელექტრული მუხტი არის სკალარული ფიზიკური სიდიდე, რომელიც განსაზღვრავს დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების სიძლიერეს. SI -ში ელექტრული მუხტის ერთეულია 1 კულონი;
- არსებობს ორი ნიშნის ელექტრული მუხტი: დადებითი და უარყოფითი;
- როდესაც ხახუნის შედეგად ერთ სხეულზე ჩნდება გარკვეული მუხტი, იმავედროულად მეორე სხეულზეც ჩნდება იმავე სიდიდის საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტი;
- ნივთიერების შემადგენელი ატომები შედგება ელემენტარული ნაწილაკების—ელექტრონების, პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან;
- ელექტრონი უარყოფითად დამუხტული ელემენტარული ნაწილაკია, პროტონი – დადებითად დამუხტული, ნეიტრონი კი უმუხტო ნაწილაკია;
- ატომი შედგება დადებითად დამუხტული ბირთვისაგან, რომელშიც პროტონები და ნეიტრონებია მოთავსებული, ბირთვის გარშემო კი ბრუნავს ერთი ან რამდენიმე ელექტრონი;
- ელექტრონისა და პროტონის მუხტი მოდულით ტოლია და ნიშნით საპირისპირო: ელექტრონის მუხტი $q_{ელ} = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{კ}$, პროტონის მუხტი $q_{პრ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{კ}$;
- შეუძლებელია ელექტრონს ან პროტონს მოვაცილოთ მუხტი ან მისი ნაწილი, ამიტომ $1,6 \cdot 10^{-19} \text{კ}$ უმცირესი (ელემენტარული) მუხტის მნიშვნელობაა;
- ელექტრულად ნეიტრალურ ატომში პროტონებისა და ელექტრონების რაოდენობა ტოლია;
- ატომმა შესაძლებელია დაკარგოს ან მიიერთოს ერთი ან რამდენიმე ელექტრონი, შესაბამისად, ის გარდაიქმნება დადებით ან უარყოფით იონად;
- უარყოფითად დამუხტულ სხეულში ელექტრონების რაოდენობა პროტონების რაოდენობას სჭარბობს, დადებითად დამუხტულ სხეულში კი პროტონების რაოდენობა— ელექტრონების რაოდენობას;
- ნებისმიერი მუხტი ელემენტარული მუხტის ჯერადია, რაც ნიშნავს, რომ მუხტი დისკრეტულია(წყვეტილია);
- სხეულის მუხტი $q = N \cdot |e|$, რომელშიც N მთელი რიცხვია.
- ნივთიერებებს, რომლებიც ელექტრულ მუხტს არ ატარებს, არაგამტარები ანუ იზოლატორები (დielekტრიკები) ეწოდება, ხოლო რომლებიც ელექტრულ მუხტს ატარებს — გამტარები;
- ლითონები კარგი გამტარებია. მათ კრისტალურ მესერს ქმნის დადებითი იონები, რომელთა შორის სივრცე შევსებულია „ელექტრონული აირით“.
- ელექტრულად ჩაკეტილ სისტემაში ყველა სხეულის ელექტრული მუხტების

ალგებრული ჯამი ნებისმიერი ურთიერთქმედების დროს მუდმივია:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const};$$

- სხეულთა დაელექტროება შეიძლება ხახუნით, გავლენით, შეხებით, დასხივებით და სხვა;
- ორი უძრავი წერტილოვანი მუხტი ვაკუუმში ურთიერთქმედებს ძალებით, რომელთა მოდული პირდაპირპროპორციულია მუხტების მოდულების ნამრავლისა და უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის კვადრატისა: $F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$.

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ნ} \cdot \text{მ}^2}{\text{კ}^2};$$

- დამუხტული სხეული გარემომცველ სივრცეში ქმნის ელექტრულ ველს. ელექტრული ველი მატერიის განსაკუთრებული ფორმაა;
- ელექტრული ველის დამაბულობა მოცემულ წერტილში ტოლია ამ წერტილში მოთავსებულ სასინჯ მუხტზე მოქმედი ძალის შეფარდებისა ამ მუხტთან: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$. დამაბულობა ველის ძალური მახასიათებელია.
- SI-ში ელექტრული ველის დამაბულობა იზომება ნ/კ-ში;
- წერტილოვანი q მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობის მოდული მუხტიდან r მანძილზე ტოლია: $E = k \frac{|q|}{r^2}$;
- წერტილოვანი დადებითი q მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობა მის ნებისმიერ წერტილში მიმართულია მუხტისა და ამ წერტილის შემაერთებელი წრფის გასწვრივ მუხტიდან, უარყოფითი მუხტისა კი - მუხტისკენ;
- ელექტროსტატიკური ველის მოცემულ წერტილში ჯამური დამაბულობა ცალკეული მუხტის მიერ შექმნილი ველის დამაბულობათა ჯამის ტოლია: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$.
- ელექტრული ველის დამაბულობის წირები ისეთი წარმოსახვითი წირებია, რომელთა ნებისმიერ წერტილში გავლებული მხების მიმართულება ამავე წერტილში ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მიმართულებას ემთხვევა;
- დადებითი წერტილოვანი მუხტის მიერ შექმნილი ელექტროსტატიკური ველის დამაბულობის წირები მიმართულია რადიალურად, მუხტიდან უსასრულობაში, უარყოფითისა კი პირიქით - უსასრულობიდან მუხტისკენ;
- ელექტრულ ველს, რომლის ნებისმიერ წერტილში დამაბულობა ერთნაირია, ერთგვაროვანი ელექტრული ველი ეწოდება;
- თანაბრად დამუხტული სფეროს შიგნით ელექტროსტატიკური ველის დამაბულობა ნულის ტოლია;
- დადებითად დამუხტული სფეროს ელექტროსტატიკური ველის დამაბულობა სფეროს გარეთ რადიალურადაა მიმართული სფეროდან, უარყოფითად დამუხტული სფეროს შემთხვევაში კი - რადიალურადაა სფეროსკენ. ამ დამაბულობის მოდული სფეროს გარეთ გამოითვლება ფორმულით: $E = k \frac{|q|}{r^2}$.
- მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე ეწოდება მუხტის შეფარდებას იმ ზედაპირის ფართობთან, რომელზეც ის განაწილებულია: $\sigma = \frac{q}{S}$. SI-ში იზომება კ/მ²-ში;

დადებითად დამუხტული უსასრულო სიბრტყის ველის ძალწირები მიმართულია ზედაპირის მართობულად მისგან, ხოლო უარყოფითად დამუხტული უსასრულო სიბრტყის ველისა - მისკენ; დამაბულობის მოდული კი გამოითვლება ფორმულით:

$$E = \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0};$$

- ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტრული ველი არ არის;
- ელექტრულ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ჯამური მუხტი ნულის ტოლია. მუხტები მხოლოდ გამტარის ზედაპირზეა განლაგებული;
- გამტარის გარეთ, ზედაპირთან ახლოს ელექტროსტატიკური ველის დაძაბულობის წირები ზედაპირის მართობულია;
- ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებული დიელექტრიკის შიგნით ელექტრული ველი სუსტდება;
- გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობა ϵ არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს, თუ რამდენჯერ ნაკლებია ელექტრული ველის დაძაბულობის მოდული E დიელექტრიკში ველის დაძაბულობის E_0 მოდულზე ვაკუუმში: $\epsilon = \frac{E_0}{E}$;
- ერთი წერტილიდან მეორეში წერტილოვანი მუხტის გადაადგილებაზე ელექტროსტატიკური ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა არ არის დამოკიდებული ტრაექტორიის ფორმაზე. ის დამოკიდებულია მხოლოდ მუხტის საწყის და საბოლოო მდებარეობებზე. შეკრულ ტრაექტორიაზე მუხტის გადატანისას ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა ნულის ტოლია;
- $\vec{E}$ დაძაბულობის ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში წერტილოვანი დადებითი q_0 მუხტის Δd მანძილზე დაძაბულობის მიმართულებით გადაადგილებისას ველი ასრულებს $A_{ელ} = q_0 E \Delta d$ მუშაობას;
- q_0 მუხტის პოტენციალური ენერგია $\vec{E}$ დაძაბულობის ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში ნულოვანი დონიდან d მანძილით დაშორებულ წერტილში გამოითვლება ფორმულით: $W_{პოტ} = q_0 E d$;
- ელექტროსტატიკური ველის მიერ მუხტის გადატანაზე შესრულებული მუშაობა ტოლია მუხტის პოტენციალური ენერგიის სხვაობისა: $A = W_{პოტ1} - W_{პოტ2}$;
- ერთმანეთისაგან r მანძილით დაშორებული ორი წერტილოვანი q_1 და q_2 მუხტის პოტენციალური ენერგია გამოისახება ფორმულით: $W_{პოტ} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}$;
- ერთნაირნიშნის მუხტების ურთიერთქმედებისას პოტენციალური ენერგია დადებითია, სხვადასხვანიშნის მუხტების შემთხვევაში კი - უარყოფითი.
- ელექტროსტატიკური ველის წერტილის პოტენციალი ეწოდება მასში მოთავსებული წერტილოვანი მუხტის პოტენციალური ენერგიის შეფარდებას მუხტთან.
$$\varphi = \frac{W_{პოტ}}{q_0}$$
;
- ელექტროსტატიკური ელექტრული ველის ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობა (ძაბვა) ტოლია საწყისი წერტილიდან ბოლო წერტილში ველის მიერ მუხტის გადატანაზე შესრულებული მუშაობის შეფარდებისა ამ მუხტთან:
$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q_0}$$
;
- SI-ში პოტენციალთა სხვაობის ერთეულია 1ვოლტი(ვ). $1 \text{ ვ} = 1 \text{ ჯ}/1\text{კ}$;
- ერთგვაროვანი ელექტრული ველის პოტენციალი რაიმე წერტილში გამოითვლება ფორმულით: $\varphi = E d$;
- წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალი რაიმე წერტილში გამოითვლება ფორმულით: $\varphi = \frac{kq}{\epsilon r}$;
- თუ ელექტრული ველი შექმნილია რამდენიმე მუხტით, მაშინ ველის ჯამური პოტენციალი რაიმე წერტილში თითოეული მუხტის მიერ ამ წერტილში შექმნილი ველის პოტენციალების ჯამის ტოლია: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$;

- კინეტიკურ ენერგიას, რომელსაც შეიძენს ელექტრონი ელექტროსტატიკური ველის დაბალი პოტენციალის წერტილიდან მაღალი პოტენციალის წერტილამდე მოძრაობისას, როცა ამ წერტილებს შორის ძაბვა 1 ვ-ია, 1 ელექტრონვოლტი ეწოდება. $1\text{ევ} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ჯ}$.
- ზედაპირს, რომლის ყველა წერტილში ელექტრული ველის პოტენციალს ერთი და იგივე მნიშვნელობა აქვს, ეკვიპოტენციალური ზედაპირი ეწოდება;
- კავშირი ველის დამაბულობასა და პოტენციალთა სხვაობას შორის ერთგვაროვანი ელექტრული ველისათვის გამოისახება ფორმულით: $E = \frac{U}{d}$;
- SI-ში 1 ნ/კ-თან ერთად დამაბულობის ერთეულია 1 ვ/მ;
- ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორი ეკვიპოტენციალური ზედაპირის მართობულია და პოტენციალის კლების მხარესაა მიმართული;
- დამუხტული გამტარის ყველა წერტილს ერთი და იგივე პოტენციალი აქვს;
- სფეროებს შორის მუხტი მათი რადიუსების პროპორციულად ნაწილდება;
- რაც უფრო ნაკლებია დამუხტული გამტარის სიმრუდის რადიუსი, მით მეტია მასზე მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე;
- ნებისმიერი ფორმის გამტარის მუხტის შეფარდება მის პოტენციალთან მუხტის სიდიდეზე დამოკიდებული არ არის და განისაზღვრება მხოლოდ მისი გეომეტრიული ზომებით და გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობით;
- განმხოლოებული გამტარის ელექტროტევადობა ეწოდება მისი q მუხტის შეფარდებას φ პოტენციალთან: $C = \frac{q}{\varphi}$;
- SI-ში ელექტროტევადობის ერთეულია 1 ფარადა. $1\text{ფ} = \frac{1\text{კ}}{1\text{ვ}}$;
- ერთმანეთისაგან დიელექტრიკის თხელი ფენით გამოყოფილ, ორი გამტარისგან შემდგარ სისტემას კონდენსატორი ეწოდება;
- კონდენსატორის ერთ-ერთი შემონაფენის მუხტის მოდულს კონდენსატორის მუხტი ეწოდება;
- კონდენსატორის მუხტის შეფარდებას შემონაფენებს შორის ძაბვასთან კონდენსატორის ელექტროტევადობა ეწოდება. $C = \frac{q}{U}$;
- ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა გამოითვლება ფორმულით: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$;
- კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებით მიღებული ბატარეის ელექტროტევადობის შეზღუდვები სიდიდე თითოეული კონდენსატორის ელექტროტევადობის შეზღუდვების სიდიდეების ჯამის ტოლია: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$;
- კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას მათი საერთო ელექტროტევადობა თითოეული კონდენსატორის ტევადობების ჯამის ტოლია: $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$;
- დამუხტული კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგია გამოისახება ფორმულებით: $W_{\text{პოტ}} = \frac{q \cdot U}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$. ბრტყელი კონდენსატორისათვის: $W_{\text{პოტ}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S U^2}{2d}$;
- ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ტოლია რაიმე მოცულობაში კონცენტრირებული ელექტრული ველის ენერგიის ფარდობისა ამ მოცულობასთან, ელექტრული ველის ენერგიის სიმკვრივე ეწოდება: $\omega = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}$.

თემის ფარგლებში დასამუშავებელი საკითხები/ ქვეცნებები:

სხეულთა დაელექტროება. ელექტრული მუხტი. ელექტრული ურთიერთქმედება/ დადებითი და უარყოფითი მუხტი, დამუხტული სხეული, მუხტების მიზიდვა და განზიდვა;

ელექტრული მუხტები ატომში. ელემენტარული მუხტი/ ელექტრონი, პროტონი, ნეიტრონი, ელემენტარული მუხტი, იონი, მუხტის დისკრეტულობა;

გამტარები და იზოლატორები/ გამტარები, იზოლატორები, თავისუფალი ელექტრონი, „ელექტრონული აირი“, ბმული მუხტები, ნახევარგამტარები;

მუხტის შენახვის კანონი, სხეულთა დაელექტროების ხერხები/ ელექტრულად ჩაკეტილი სისტემა, გავლენით დაელექტროება, ელექტროგამტარობით დამუხტვა;

კულონის კანონი/ წერტილოვანი მუხტი, კულონური ძალა, ელექტრული მუდმივა;

ელექტრული ველი, ელექტრული ველის დამაბულობა/ ახლოქმედების და მანძილზე ქმედების თეორია, ელექტროსტატიკური ველი, სასინჯი მუხტი, ელექტრული ველის დამაბულობა, ველების სუპერპოზიციის პრინციპი;

ელექტრული ველის დამაბულობის წირები, თანაბრად დამუხტული სფეროსა და სიბრტყის ელექტრული ველი/ ძალწირები, ძალწირების სიხშირე, ერთგვაროვანი ველი, მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე;

გამტარები და დიელექტრიკები ელექტროსტატიკურ ველში/ ელექტროსტატიკური ინდუქცია, ელექტროსტატიკური დაცვა, ეკრანირება, არაპოლარული და პოლარული დიელექტრიკი, ელექტრული დიპოლი, იონური დიელექტრიკი, მაორიენტირებული მექანიზმი, დიელექტრიკის პოლარიზაცია, დიელექტრიკული შეღწევადობა;

ელექტრული ველის მუშაობა, მუხტის პოტენციალური ენერგია, წერტილოვანი მუხტების ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია, პოტენციალი, ძაბვა/ პოტენციალური ველი, პოტენციალი, პოტენციალთა სხვაობა, ელექტრონვოლტი,;

ეკვიპოტენციალური ზედაპირები, კავშირი ელექტრული ველის დამაბულობასა და ძბვას შორის;

ელექტროტევადობა, კონდენსატორი, კონდენსატორების შეერთება, დამუხტული კონდენსატორების ენერგია/

ელექტროტევადობა, ბრტყელი, სფერული, ცილინდრული კონდენსატორი, კონდენსატორის შემონაფენი, კონდენსატორის მუხტი, შემონაფენების გადაფარვის ფართობი, მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება, ელექტრული ველის ენერგია, ენერგიის სიმკვრივე.

გრძელვადიანი მიზანი	შუალედური სასწავლო მიზანი N1-დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედება სავარაუდო დრო-6 საათი	
სამიზნე ცნება-მატერია ფიზ.საშ. 1,2,3,4. ქვეცნება - ელექტრული მუხტი სამიზნე ცნება - ძალა ფიზ.საშ. 1,2,3,4. ქვეცნება: ელექტრული ძალა თემა: ელექტროსტატიკა საკითხები - • ელექტრული მუხტი, დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედება. • ელექტრული მუხის შენახვის კანონი • კულონის კანონი ქვესაკითხი/ქვესაკითხები: • სხეულთა დაელექტროება • ატომის აგებულება • ელემენტული ნაწილაკები • გამტარები და იზოლატორები • სხეულთა დაელექტროების ხერხები	საკვანძო შეკითხვა: როგორ შევქმნა პოსტერი, რომელშიც წარმოვაჩენ დამუხტული სხეულების ელექტრულ ურთიერთქმედებას. კომპლექსური დავალების იდეა - ალბათ, შეგიძნევათ, ტანსაცმლის გახდისას წარმოქმნილი „ნაპერწკლები“ და გაგიგონიათ მათი ტკაცუნის ხმა. გინახავთ გაელვება, რომელსაც თან სდევს ჭექა - ქუხილი. ზოგჯერ, ხელის ჩამორთმევის დროსაც უსიამოვნო შეგრძნება გეუფლებათ - ამ შემთხვევაშიც ნაპერწკალი გავარდება და ტკაცუნის ხმაც გაისმის. გაგიგიათ, „მეხის ჩამოვარდნის“ შესახებ. ეს ყველაფერი ელექტრული მოვლენებია, რომელთა კვლევამ ადამიანი უამრავ აღმოჩენამდე მიიყვანა. დღეს კი ამ აღმოჩენების წყალობით მეცნიერებამ ბუნების კანონები ადამიანის სამსახურში ჩააყენა - ელექტროხელსაწყოები და ელექტროტექნიკა (კომპიუტერი, მობილური ტელეფონი, უთო, სარეცხი მანქანა, ელექტრომობილი და ა.შ.) ყოველდღიური ცხოვრების განუყოფელ ნაწილად იქცა. ელექტრული მოვლენების შესწავლის სათავე დამუხტული სხეულებისა და ნაწილაკების ურთიერთქმედებაა. დაამზადეთ ელექტროსკოპის მოდელი, ჩაატარეთ ცდები და შექმენით პოსტერი, რომელშიც წარმოაჩენთ დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედებას.	
სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენები მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს რომ:	შეფასების კრიტერიუმი - (ზოგადი) მოსწავლეს შეუძლია:	შეფასების კრიტერიუმი - (კონკრეტულ კომპლექსურ დავალებაზე მისადაგებული) ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:
სამიზნე ცნება: მატერია მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) მატერიის ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები დამოკიდებულია: ა) ნივთიერების გვარობაზე და გარემო პირობებზე. ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთმდებარეობაზე და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე; 2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები აიხსნება: ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურად	1) აღმოაჩინოს, მატერიის რომელი სახე მონაწილეობს განსახილველ მოვლენაში/საკითხში და გააცნობიეროს რაზეა დამოკიდებული ამ მოვლენაში მონაწილე ნივთიერებების მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები 2) დაადგინოს, როგორი აგებულებისაა და რომელ აგრეგატულ მდგომარეობაშია განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულები/ნივთიერებები და რატომ აქვთ მათ	• კრიტერიუმი N1 ბუნებაში არსებული რომელი სახის ურთიერთქმედებას მიეკუთვნება დამუხტულ სხეულებს შორის ურთიერთქმედება და რითი განსხვავდება ის გრავიტაციული ურთიერთქმედებისაგან (მ. 1); • კრიტერიუმი N2 როგორაა შესაძლებელი დამუხტული

მოდრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით; ბ) ველის წარმომქმნელი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებით და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის წარმოქმნის უნარით; 3) მატერიის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილების გამომწვევ მიზეზებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით. სამიზნე ცნება: ძალა მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) სხეულებს შორის ურთიერთქმედება რაოდენობრივად ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით ძალით და იგი შესაძლებელია იყოს ოთხი სხვადასხვა სახის (გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ძლიერი, სუსტი). ეს ურთიერთქმედება ყოველთვის ორმხრივია და ხორციელდება უშუალო „კონტაქტით“ ან ველის საშუალებით; 2) სხეულზე ერთი ძალის ან ძალების ტოლქმედის მოქმედება იწვევს ამ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას ან/და მის დეფორმაციას. ძალის (ტოლქმედის) მოქმედების შედეგი კი დამოკიდებულია მის მოდულზე, მიმართულებაზე, მოდების წერტილზე, მოქმედების ხანგრძლივობაზე და სხეულის იმ ზედაპირის ფართობზე, რომელზეც ეს ძალა (ტოლქმედი) მოქმედებს.	განსხვავებული ფიზიკური თვისებები; 3) წარმოადგინოს განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე ნივთიერებების მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის დამოკიდებულება სხვადასხვა ფორმით; 1) აღმოაჩინოს, როგორ ხორციელდება ურთიერთქმედება განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულებს შორის და რომელი სახისაა ეს ურთიერთქმედება; 2) დაადგინოს, რატომ იცვლება განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულების სიჩქარე/ფორმა, რა გამოიწვია სხეულებზე სხვადასხვა წერტილში, განსხვავებული მოდულისა და მიმართულების მქონე ძალების მოქმედებამ, რა შედეგები გამოიწვია სხეულებზე სხვადასხვა მოდულის მქონე ძალით, ზედაპირზე მის მართობულად მოქმედებამ და ა.შ; 3) დაადგინოს, არის თუ არა განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულები წონასწორულ მდგომარეობაში. თუ ასეა, რა არის მათი წონასწორობის მიზეზი, როგორ იცვლება	სხეულების აღმოჩენა და მუხტის შენახვის კანონის დასაბუთება ელექტრული ურთიერთქმედების საშუალებით (მატ. 2; ძ. 2); კრიტერიუმი N3 როგორაა შესაძლებელი წერტილოვან მუხტზე ერთდროულად მოქმედი რამდენიმე კულონური ძალის შედეგის აღწერა და როგორი იქნება ამ მუხტის წონასწორობის პირობა (ძ. 3,4)
--	---	---

ამასთან თუ გარე ძალა აწარმოებს წნევას სითხეზე ან აირზე, წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირად ვრცელდება; 3) სხეულთა სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ენერგიისა და იმპულსის ცვლილებას, ხოლო მყარ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედისა და ამ ძალების მომენტების ჯამის მნიშვნელობა - სხეულის წონასწორობის პირობას; 4) სხეულის (სხეულთა სისტემის) მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრებისა და ამ მდგომარეობის გამომწვევი ძალის (ძალების) ერთმანეთთან დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.	განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულების იმპულსების ჯამი; 4) წარმოადგინოს, როგორ დამოკიდებულებაშია აჩქარებულად მოძრავი სხეულის/თანაბრად მოძრავი სხეულის/უძრავი სხეულის/მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრები ამ სხეულებზე მოქმედ ძალებთან;	
--	--	--

კომპლექსური დავალების განხორციელების ეტაპები (აქტივობები, რესურსები, შეკითხვები)

ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა

რესურსები/განსახილველი ქეისები:

რესურსი 1. როგორ შევექმნათ პოსტერი: [როგორ-შევექმნათ-პოსტერი.docx](#)

რესურსი 2. პოსტერის მაგალითი: <http://myprofession.emis.ge/ge/posters/details/18>

რესურსი 3. [რა არის მოდელი](#)

რესურსი 4. [რესურსები ელექტროსკოპის დასამზადებლად:](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=wso0FqcnG7g>

კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა

სარეკომენდაციო აქტივობა: რესურს 1-ზე დაყრდნობით, მასწავლებელი სთხოვს მოსწავლეებს გაეცნონ როგორ უნდა შეიქმნას პოსტერი, რესურს 3-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები ეცნობიან რა არის მოდელი, რესურს 4-ზე დაყრდნობით ეცნობიან, თუ რა რესურსი დასჭირდებათ მათ ელექტროსკოპის დასამზადებლად.

კომპლექსური დავალების პირობის გააზრებაზე ორიენტირებული შეკითხვები:

- სვიტერის გახდისას, გაგიგონიათ თუ არა ტკაცუნის ხმა და შეგიძინებიათ თუ არა ნაპერწკლის გახტომა?
- რომელ ორ სხეულს შორის გახტება ნაპერწკალი?
- კიდევ, რომელ ელექტრულ მოვლენებს გაიხსენებთ ყოველდღიური ცხოვრებიდან?
- თქვენი სიტყვებით ჩამოაყალიბეთ, რას შეეხება თქვენს მიერ შესასრულებელი კომპლექსური დავალება, რომელზეც რამდენიმე გაკვეთილის განმავლობაში უნდა იმუშაოთ?

პოსტერი, მოდელი (რესურსი 1,2,3,4)

- რა არის პოსტერი?
- სხვა დროს თუ შეგიქმნია პოსტერი?
- რა უნდა გაითვალისწინო, რომ პოსტერი თანაკლასელებისა და მასწავლებლისთვის გასაგები და ვიზუალურად მარტივი აღსაქმელი იყოს?
- რა არის მოდელი?
- შეგიქმნიათ თუ არა მოდელი და თუ შეგიქმნიათ როგორი?
- რა ფაქტორების გათვალისწინება მოგიწევთ მოდელის დასამზადებლად?
- რა მასალას გამოიყენებთ ელექტროსკოპის დასამზადებლად?
- მსგავსი ფორმის, ან შინაარსის დავალება სხვა დროს თუ შეგისრულებია?

ეტაპი II – კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა

ქვეცნება - ელექტრული ძალა

ნაბიჯი1.

შეფასების კრიტერიუმი 1; 2;

- ბუნებაში არსებული რომელი სახის ურთიერთქმედებას მიეკუთვნება დამუხტულ სხეულებს შორის ურთიერთქმედება და რითი განსხვავდება ის გრავიტაციული ურთიერთქმედებისაგან (მ 1);
- როგორაა შესაძლებელი დამუხტული სხეულების აღმოჩენა და მუხტის შენახვის კანონის დასაბუთება ელექტრული ურთიერთქმედების საშუალებით (მატ.2.მ 2);

რესურსი/აქტივობა/დამხმარე კითხვები:

რესურსი 1.

სახელმძღვანელო:

- # 1 სხეულთა დაელექტროება გვ.10
- # 2 ელექტრული მუხტი.ელექტრული ურთიერთქმედება გვ.13
- # 3 ელექტრული მუხტები ატომებში.ელემენტარული მუხტიგვ.16
- #4 გამტარები და იზოლატორები გვ.21
- #5 ელექტრული მუხტის შენახვის კანონი.სხეულთა დაელექტროების ხერხები გვ.25

ტელესკოლა:

- <https://www.youtube.com/watch?v=cTaZ3Ze9DLM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=dm78qAkhOgc>

რესურსი 2.

ელექტროსკოპის დამზადება (სახ.გვ.15)

რესურსი 3.

ვირტუალური ლაბორატორია : <https://phet.colorado.edu/ka/simulations/build-an-atom>

რესურსი 4

ვიდეორესურსი: მეტალების და დიელექტრიკების აგებულება-

<https://www.youtube.com/watch?v=U8IFo7vkHuU>

აქტივობა 1. მასწავლებელი მოსწავლეებს ესაუბრება ბუნებაში არსებული ოთხი ურთიერთქმედების შესახებ, ასახელებს მათ და ახსენებს მათთვის უკვე ნაცნობ გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას, რესურს 1-ზე დაყრდნობით (სახ. #1) ატარებს ცდებს ურთიერთქმედების ახალი სახის-ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების სადემონსტრაციოდ/გასაცნობად.

შენიშვნა: მიუხედავად იმისა, რომ ურთიერთქმედების სახე ელექტრომაგნიტურია, მასწავლებელს შეუძლია ჯერჯერობით მხოლოდ „ელექტრული ურთიერთქმედების“ სახელწოდებით შემოიფარგლოს.

აქტივობასთან დაკავშირებული (პარაგრაფ 1-ში მოცემული პირველი ცდის შედეგების გასააზრებელი) დამხმარე კითხვები:

- იზიდავს თუ არა (გრავიტაციულად) გოგონას სხეული ბუშტის ტანსაცმელზე გახახუნებამდე?
- იზიდავდნენ თუ არა ბუშტები ერთმანეთს (გრავიტაციულად) მათი ტანსაცმელზე გახახუნებამდე?
- შეიმჩნევა თუ არა ეს ურთიერთმიზიდვა თითოეულ შემთხვევაში?
- რა შედეგი დადგა, როდესაც ბუშტები/ბუშტები ტანსაცმელზე გაახახუნეთ?
- შესაძლებელია თუ არა ეს შედეგი გამოეწვია გრავიტაციული ურთიერთქმედების ძალას?
- რითი განსხვავდება გოგონასა და ბუშტის ურთიერთქმედება/ბუშტების ერთმანეთთან ურთიერთქმედება მათი გრავიტაციული ურთიერთქმედებისაგან?
- როგორ ასახავს მიღებულ შედეგებს კვლევით ნაშრომში?

აქტივობა 2

რესურს 1-ზე დაყრდნობით (სახ.#2) მასწავლებელი ატარებს სადემონსტრაციო ცდებს ორგვარი ელექტრული მუხტის არსებობის დასადასტურებლად, ცდის შედეგებიდან გამომდინარე მოსწავლეები გაიაზრებენ ბუნებაში არსებული ორგვარი ელექტრული მუხტის არსებობას.

- რა არის ელექტრული მუხტი?
- რამდენი ნიშნის მუხტი არსებობს ბუნებაში და როგორ ურთიერთქმედებენ ?
- არსებობს თუ არა ელექტრული მუხტი სხეულის გარეშე? სხეული მუხტის გარეშე?
- როგორ ვლინდება ორ მასურ სხეულს შორის გრავიტაციული ურთიერთქმედება?
- როგორ ვლინდება ერთნაირ ნიშნიან/სხვადასხვა ნიშნიან მუხტებს შორის ურთიერთქმედება?

აქტივობა 3

რესურს 3-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები მუშაობენ ვირტუალურ ლაბორატორიაში: ეცნობიან ატომის მოდელს, ატომში შემავალ ელემენტარულ ნაწილაკებს, ქმნიან სხვადასხვა ელემენტების ატომებს და იონებს.

რესურს1- ზე დაყრდნობით (სახ. #2;#3) მასწავლებელი განიხილავს მუხტის დისკრეტულობის დამადასტურებელ მილიკენის ცდას.

- როგორი აგებულება აქვს ატომს?
- რატომ უწოდებენ ელექტრონებს, პროტონებსა და ნეიტრონებს ელემენტარულ ნაწილაკებს?
- რომელი ნაწილაკების რაოდენობა განსაზღვრავს ნივთიერების გვარობას?
- რისი ტოლია ელემენტარული მუხტის მნიშვნელობა?
- როგორ მიიღება დადებითი/ უარყოფითი იონი?
- რატომაა ნებისმიერი სხეულის მუხტი $1,6 \times 10^{-19}$ -ის ჯერადი?
- რას ნიშნავს ელექტრული მუხტის დისკრეტულობა?
- ორი სხეულის ერთმანეთზე ხახუნით დაელექტროებისას რომელი სხეული

დაკარგავს/მიიღებს ელექტრონებს?

- სხეული ელექტრულად ნეიტრალურია, ნიშნავს თუ არა ეს, რომ მასში არ რის დამუხტული ნაწილაკები?(ახსენით)

აქტივობა 4 ელექტროსკოპის დამზადება. <https://www.youtube.com/watch?v=wso0FqcnG7g>

რესურს 1-ზე (ვიდეო რესურსი)დაყრდნობით მოსწავლეები ამზადებენ ელექტროსკოპის მოდელს, აკვირდებიან ელექტროსკოპზე დამუხტული სხეულის შეხებისას ფოლგის ფურცლებს და მსჯელობენ ელექტროსკოპის მუშაობის პრინციპზე .

ცდა:

პოლიეთილენის ბოთლი შეახეთ ელექტროსკოპის ღეროს და დააკვირდით ფურცლებს. შემდეგ, დამუხტეთ პოლიეთილენის ბოთლი ტანსაცმელზე გახახუნებით და კვლავ შეახეთ ელექტროსკოპის ღეროს. დააკვირდით ელექტროსკოპის ღეროზე მიმაგრებულ ფურცლებს. უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

- რომელ შემთხვევაში განიზიდა ფურცლებმა ერთმანეთი?
- რატომ განიზიდა ფურცლებმა ერთმანეთი?
- მხოლოდ იმ ფაქტით, რომ ელექტროსკოპის ფურცლები გაიშალა, შესაძლებელია თუ არა ბოთლის მუხტის ნიშნის დადგენა?
- რა მოხდება თუ ელექტროსკოპის ღეროს თითოთი შეხებით?
- რა მოხდება, თუ ელექტროსკოპის ღეროს მეორე ისეთივე დაუმუხტავი ელექტროსკოპის ღეროს მივადებთ და შემდეგ ერთმანეთს დავაშორებთ?
- როგორ შეიცვალა ფურცლებს შორის კუთხე თითოეულ ელექტროსკოპზე?
- რაზე მიგვანიშნებს ფურცლებს შორის კუთხეების ცვლილება?
- როგორ ასახავს მიღებულ შედეგებს კვლევით ნაშრომში?

აქტივობა 5.

რესურს 1-ზე დაყრდნობით (სახ. #4) მასწავლებელი ატარებს ცდას გამტარების და იზოლატორების ელექტრული თვისებების სადემონსტრაციოდ. მოსწავლეები რესურს 4-ზე დაყრდნობით ეცნობიან ლითონებისა და დიელექტრიკების აგებულებას:

<https://www.youtube.com/watch?v=U8IFo7ykHuU>

- შეიცვალა თუ არა ელექტრომეტრების ჩვენება, როდესაც მათი სფეროები დიელექტრიკის ღეროთი შევაერთეთ?
- შეიცვალა თუ არა ელექტრომეტრების ჩვენება, როდესაც მათი სფეროები გამტარი ღეროთი შევაერთეთ?
- როგორ ფიქრობთ, რატომ მივიღეთ განსხვავებული შედეგები?
- რომელ ელექტრონებს ვუწოდებთ თავისუფალს?
- რას ეწოდება თავისუფალი მუხტი?
- რითი განსხვავდებიან გამტარები და დიელექტრიკები ერთმანეთისაგან?
- შენს გარშემო, რომელია გამტარი ნივთიერებები? დიელექტრიკები?
- რატომ დაამზადე ელექტროსკოპის ღერო და ფურცლები გამტარი ნივთიერებებისაგან?
- რატომ ჩასვი ელექტროსკოპის ღერო დიელექტრიკისაგან დამზადებულ საცობში?

აქტივობა 6.

რესურს 1-ზე დაყრდნობით (სახ.#5.). მასწავლებელი ატარებს პარაგრაფში განხილულ სადემონსტრაციო ცდებს მუხტის შენახვის კანონის დასასაბუთებლად. მოსწავლეები მსჯელობენ მიღებულ შედეგზე და გამოაქვთ დასკვნა.

პირველი ცდა:

- რისი ტოლია წყლისა და მასში ჩაშვებული სანთლის ბურთულის საწყისი მუხტების

ჯამი? რატომ?

- რითი დასტურდება, რომ წყალმა და სანთლის ბურთულამ მოდულით ტოლი მუხტი მიიღეს?
- რითი დასტურდება, რომ წყალმა და სანთლის ბურთულამ ნიშნით განსხვავებული მუხტი მიიღეს?
- როგორია ბურთულისა და წყლის ჯამური მუხტი ბურთულის წყლიდან ამოღების შემდეგ?
- რა დასკვნას გამოიტანთ მიღებული შედეგების საფუძველზე?
- როგორ დაგეხმარათ მუხტის შენახვის კანონის დასაბუთებაში ელექტოსკოპების ფურცლების ურთიერთქმედება?
- რატომ გაგიმწივებოდათ იმავეს დასაბუთება ელექტროსკოპებზე სხვადასხვა სიგრძისა და სიგანის ფურცლები, რომ ყოფილიყო დაკიდებული?
- რაში მდგომარეობს მუხტის შენახვის კანონი?
- რატომ არის მართებული მუხტის შენახვის კანონი სხეულთა ელექტრულად ჩაკეტილი სისტემისათვის?
- როგორ ასახავთ მიღებულ შედეგებს კვლევით ნაშრომში?

აქტივობა 7.

ამოცანები სახელმძღვანელოს #3, #4, #5 პარაგრაფებიდან.

ნაბიჯი 2.

შეფასების კრიტერიუმი 3

- როგორია შესაძლებელი წერტილოვან მუხტზე ერთდროულად მოქმედი რამდენიმე კულონური ძალის შედეგის აღწერა და როგორი იქნება ამ მუხტის წონასწორობის პირობა (d. 3,4)

რესურსი/აქტივობა/დამხმარე კითხვები:

რესურსი 1.

სახელმძღვანელო:

#6 კულონის კანონი გვ.39

რესურსი 2.

ვირტუალური ლაბორატორია-კულონის კანონი

https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_en.html (კულონის კანონი)

რესურსი 3.

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html (ძალების სუპერპოზიციის პრინციპი)

აქტივობა 1:

რესურს 2-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები ეცნობიან და მუშაობენ ვირტუალურ ლაბორატორიაში, ატარებენ კვლევას, შედეგები შეაქვთ ცხრილში, გამოაქვთ დასკვნები.

ა) ურთიერთქმედების ძალის დამოკიდებულება მუხტის სიდიდის მნიშვნელობაზე მოცემული მანძილისთვის.

N	R=		
	$ q_1 $	$ q_2 $	F
1			
2			
3			

ბ) ურთიერთქმედების ძალის დამოკიდებულება მანძილზე ბურთულების მუხტების მოცემული მნიშვნელობებისათვის.

N	$ q_1 =$	$ q_2 =$
	R	F
1		
2		
3		

მოსწავლეები ვირტუალური ლაბორატორიის საშუალებით დაადგენენ კულონის მუდმივას რიცხვით მნიშვნელობას.

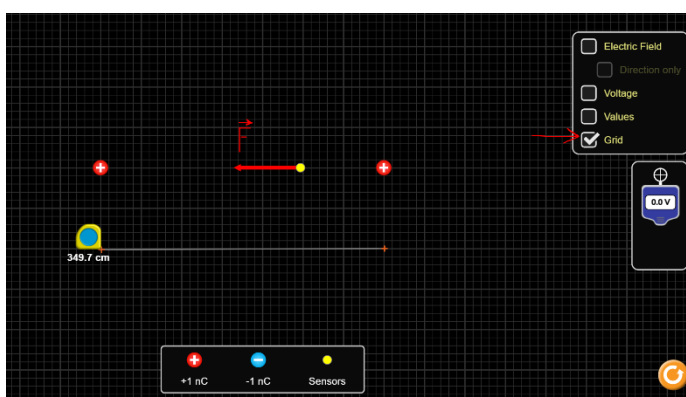
- როგორ იცვლება მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის მოდული მუხტის მოდულების ცვლილებისას?
- როგორ იცვლება მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის მოდული მათ შორის მანძილის ცვლილებისას?
- როგორი მუხტებისთვისაა სამართლიანი კულონის კანონი?
- საითაა მიმართული კულონური ძალა?
- როგორ განვსაზღვრო მოც. მუხტზე მოქმედი ძალა რამდენიმე მუხტის ურთიერთქმედებისას?
- რა მსგავსებაა კულონის კანონსა და მსოფლიო მიზიდულობის კანონს შორის?
- რას გვიჩვენებს და რისი ტოლის k კოეფიციენტი?
- რა მასის სხეულს მიიზიდავს 9×10^9 ნ.ძალით დედამიწა? როგორი სიდიდის მუხტია 1კულონი?

აქტივობა 2.

რესურს 3-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები ატარებენ ვირტუალურ ექსპერიმენტს ძალების სუპერპოზიციის პრინციპის გასააზრებლად.

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html

ა) ჩართეთ სიმულაცია და მონიშნეთ მხოლოდ სურათზე მითითებული გრაფა.



ბ) განალაგეთ ორი ერთნაირი მუხტი ერთ ჰორიზონტალურ წრფეზე;

გ) შემოიტანეთ ყვითლად მონიშნული საცდელი მუხტი და მოძებნეთ სიბრტყეზე ადგილი, რომელშიც მოთავსებისას საცდელ მუხტზე მოქმედი ჯამური ძალა ნულის ტოლი იქნება; უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

- როდის არის სხეული (მუხტი) წონასწორულ მდგომარეობაში?
 - როგორი სახის წონასწორული მდგომარეობები არსებობს?
 - შესაძლებელია თუ არა, რომ საცდელი მუხტი არ მდებარეობდეს მუხტების შემაერთებელ წრფეზე და მასზე მოქმედი ძალა ნულის ტოლი იყოს?
 - მუხტებზე გამავალ წრფეზე სად მდებარეობს წერტილი, რომელშიც მოთავსებულ საცდელ მუხტზე მოქმედი ძალა ნულის ტოლია? (ამოცანა ამოხსენით ანალიზურად და მიღებული შედეგი შეადარეთ ვირტუალური ლაბორატორიით მიღებულ შედეგს). არის თუ არა ეს წონასწორობა მდგრადი?
 - შეიცვლება თუ არა წონასწორობის წერტილის მდებარეობა, თუ მუხტების მოდულები ერთნაირი აღარ იქნება?
 - იარსებებს თუ არა ასეთი წერტილი, თუ მუხტების ნიშნები ერთნაირი აღარ იქნება?
 - როგორ ჩამოაყალიბებთ მოცემულ ექსპერიმენტში საცდელი მუხტის წონასწორობის პირობას?
 - როგორ ასახავს მიღებულ შედეგებს პოსტერში?
- აქტივობა 3.**
ამოცანები სახელმძღვანელოს # 6 პარაგრაფიდან.

სარეკომენდაციო პრაქტიკის დანართი 2

დანართი 2 გამოიყენება იმის გასაანალიზებლად, თუ რამდენად ღრმად გაიაზრა მოსწავლემ შესასწავლი საკითხი. ამაში გვეხმარება **ეროვნული სასწავლო გეგმის შედეგების მიღწევის ტაქსონომია**. 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 იგივეა მიმართებით და აბსტრაქტულ დონეებთან.

შეფასების კრიტერიუმი	კომენტარი
პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.	მოსწავლე ვერ იწყებს დავალებაზე მუშაობას
უნიტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	მოსწავლეს აქვს ერთი იდეა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით. მაგ.: ასახელებს ნივთიერების ტიპებს (გამტარი, დიელექტრიკი) მაგრამ ვერ ხსნის მათ შორის განსხვავების მიზეზებს.
მულტისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	მოსწავლეს აქვს ერთმანეთთან დაუკავშირებელი რამდენიმე იდეა: იცის, რომ ელექტროსკოპით შესაძლებელია დავადგინოთ დამუხტულია თუ არა სხეული, განმარტავს მუხტის შენახვის კანონს,

	ასახელებს ელემენტარული მუხტის ცნებას და რიცხვით მნიშვნელობას, თუმცა ვერ ხსნის მუხტის შენახვის კანონის დამადასტურებელ ექსპერიმენტს.
მიმართებითი დონე მოსწავლეს შეუძლია: - სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ფაქტებისა და მოვლენების კრიტიკულად და ურთიერთდაკავშირებულად გააზრება და გაანალიზება; - სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების ურთიერთდაკავშირებულად გაანალიზება; - კონკრეტულ სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ინფორმაციის კონტექსტუალიზება (საგნის სხვა სამიზნე ცნებებთან დაკავშირება). - მიმართებითი დონეზე საკითხის/სამიზნე ცნების გააზრება ნიშნავს ეროვნული სასწავლო გეგმით განსაზღვრული შედეგის მიღწევას. თუმცა, შესაძლებელია მოსწავლე უფრო შორსაც წავიდეს, ანუ იმ განზოგადებებისკენ, რომელიც აბსტრაქტული დონისთვისაა განსაზღვრული.	მოსწავლე წარატებით ართმევს თავს დავალებას, აკავშირებს ერთმანეთთან იდეებს და პოულობს მათ შორის მიმართებებს. იცის როგორ დაადგინოს დამუხტულია თუ არა სხეული. მსჯელობს ხახუნით სხეულის დამუხტვის მიზეზზე და აკავშირებს მას ერთი სხეულიდან მეორეზე ელექტრონის გადასვლასთან. ამის საფუძველზე ხსნის მუხტის შენახვის კანონს. იცის ატომის აგებულება, მასში შემავალი ელემენტარული ნაწილაკების მუხტი და შეუძლია ეს ცოდნა მუხტის დისკრეტულობას დაუკავშიროს. აღწერს დამუხტულ სხეულთა შორის ურთიერთქმედებას, შეუძლია ანალოგიის გატარება გრავიტაციულ ურთიერთქმედებასთან და მათ შორის განსხვავებაზე მსჯელობაც.
აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს შეუძლია სამიზნე ცნებაზე მუშაობის პროცესში შეძენილი ცოდნისა და გამოცდილების ეროვნული სასწავლო გეგმის ზესაგნობრივ (მაკრო) ცნებებთან დაკავშირება.	მოსწავლე წარმატებით ართმევს თავს დავალებას, აზოგადებს ამოცანას და შეუძლია მიღებული ცოდნა გამოიყენოს მისთვის უცნობ კონტექსტში. მაგ.: მსჯელობს სამყაროში არსებული მუხტის მუდმივობის შესახებ, მსჯელობს კულონის კანონის მართებულობის პირობების შესახებ, ისეთი შემთხვევებისათვის, როდესაც მუხტები წერტილოვანი არ არის (მაგ, თანაბრადდამუხტული დიელექტრიკის სფეროებისთვის), მსჯელობს რამდენიმე მუხტისაგან შედგენილი სისტემის წონასწორობის პირობის შესახებ;

გრძელვადიანი მიზანი	შუალედური სასწავლო მიზანი N2-ფარადეის გალია სავარაუდო დრო-6 საათი	
სამიზნე ცნება - მატერია, ძალა, ფიზიკური პროცესი. ფიზ.საშ. 1,2,3,4. ქვეცნება: ელექტრული ველი, ელექტრული ძალა, ელექტროსტატიკური ინდუქცია	საკვანძო შეკითხვა: როგორ შევქმნა ფარადეის გალიის მოდელი, რომლის საშუალებითაც შევძლებ ელექტრული ველისგან სხვადასხვა ხელსაწყოების დაცვას? კომპლექსური დავალება - „ფარადეის გალია“ ალბათ, გქონიათ შემთხვევა, როდესაც ლიფტით მგზავრობის დროს მობილური ტელეფონით ვერ სარგებლობთ (ვერ დარეკავთ, ინტერნეტს ვერ მოიხმართ). გინახავთ, როგორ აოცებენ ილუზიონისტები პუბლიკას, როდესაც თითქოს „მეხის დარტყმას“ უძლებენ. ამ ორ მოვლენას საერთო მიზეზი გააჩნია. მსგავს მოვლენასთან გვაქვს საქმე, როდესაც ელექტრული ველისაგან დასაცავად მისადმი მგრძნობიარე ხელსაწყოებს ლითონის ყუთებში ათავსებენ, რადგან გარე ელექტრული ველი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ელექტროგამზომი ხელსაწყოების ჩვენებაზე, სხვადასხვა ელექტრომოწყობილობის მუშაობაზე. ელექტრული ველისაგან დაცვა თანამედროვე ელექტროხელსაწყოებისათვის ერთ-ერთი აქტუალური საკითხია. თქვენი დავალებაა-შექმნათ გალია (ფარადეის გალიის მოდელი), რომლის საშუალებითაც მოახერხებთ სხვადასხვა ელექტროხელსაწყოების ელექტრული ველისგან დაცვას.	
თემა: ელექტროსტატიკა საკითხი/საკითხები - • ელექტრული ველი • ელექტრული ველის დამაბულობა • ველის სუპერპოზიციის პრინციპი; • გამტარები ელექტროსტატიკულ ველში ქვესაკითხი/ქვესაკითხები: • ელექტრული ველის დამაბულობის წირები დიელექტრიკები ელექტრულ ველში. • დიელექტრიკული შეღწევადობა		
სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენები მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს რომ:		შეფასების კრიტერიუმი - ნაშრომის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:

სამიზნე ცნება: მატერია მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) მატერიის ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები დამოკიდებულია: ა) ნივთიერების გვარობაზე და გარემო პირობებზე. ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთდებარეობაზე და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე; 2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები აიხსნება: ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურად მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით; ბ) ველის წარმომქმნელი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებით და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის წარმოქმნის უნარით; 3) მატერიის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილების გამომწვევ მიზეზებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.	• აღმოაჩინოს, მატერიის რომელი სახე მონაწილეობს განსახილველ მოვლენაში/საკითხში და გააცნობიეროს რაზეა დამოკიდებული ამ მოვლენაში მონაწილე მატერიის სახეების მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები • დაადგინოს, როგორი აგებულებისაა და რომელ აგრეგატულ მდგომარეობაშია განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულები/ნივთიერებები და რატომ აქვთ მათ განსხვავებული ფიზიკური თვისებები; • წარმოადგინოს განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე მატერიის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის დამოკიდებულება სხვადასხვა ფორმით;	• კრიტერიუმი N1 როგორ და რატომ განსხვავდება ელექტრული ველის დამაბულობა გამტარის შიგნით და მის გარეთ, როდესაც გამტარი ელექტრულ ველშია მოთავსებული (მატ.1. ფიზ.პრ.1, ძ. 1,2) • კრიტერიუმი N2 როგორი აგებულებისაა გამტარი და დიელექტრიკი, რა განსხვავებულ თვისებებს ავლენენ ისინი გარე ელექტრულ ველში მოთავსებისას და რით აიხსნება ეს განსხვავება (მატ. 2. ფიზ.პრ.1;2. ძ.1,2,3,); • კრიტერიუმი N3 არის თუ არა დამოკიდებული ფარადეის გალიის ეფექტი (მის შიგნით ელექტრული ველის კომპენსირება) გამტარის გვარობაზე და გალიის უჯრედების ზომებზე (მატ. 1;2; ძ. 1;2)
სამიზნე ცნება: ფიზიკური პროცესი მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) ყველა ფიზიკურ მოვლენას და მის დამახასიათებელ პროცესს განაპირობებს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი. მათ შორის	1) აღმოაჩინოს, რომელი ფიზიკური მოვლენა ხდება და, შესაბამისად, რომელი ფიზიკური პროცესები მიმდინარეობს მის მიერ განსახილველ საკითხში.	

კავშირების დადგენა კი მეცნიერების მთავარი ამოცანაა. 2) ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობის აღსაწერად, მეცნიერები ამ მოვლენების შესაბამის ფიზიკურ პროცესებს იკვლევენ. თითოეული პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომელთა ურთიერთდაკავშირებითაც შესაძლებელია ამ პროცესის აღწერა. 3) ფიზიკური პროცესების მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებსა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა მეთოდებით. სამიზნე ცნება: ძალა მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 5) სხეულებს შორის ურთიერთქმედება რაოდენობრივად ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით ძალით და იგი შესაძლებელია იყოს ოთხი სხვადასხვა სახის (გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ძლიერი, სუსტი). ეს ურთიერთქმედება ყოველთვის ორმხრივია და ხორციელდება უშუალო „კონტაქტით“ ან ველის საშუალებით; 6) სხეულზე ერთი ძალის ან ძალების ტოლქმედის მოქმედება იწვევს ამ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას ან/და მის დეფორმაციას. ძალის (ტოლქმედის) მოქმედების შედეგი კი დამოკიდებულია მის მოდულზე, მიმართულებაზე, მოდების წერტილზე, მოქმედების ხანგრძლივობაზე	დააკავშიროს ერთმანეთთან ამ პროცესების მიზეზები და შედეგები ; 2) გამოიკვლიოს, აღმოაჩინოს მის მიერ განსახილველ საკითხში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები და კავშირი მათ შორის; 3) სხვადასხვა ფორმით წარმოადგინოს კავშირები მის მიერ განსახილველ საკითხში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებსა და ამ სიდიდეების ცვლილების მიზეზებს შორის. 5) აღმოაჩინოს, როგორ ხორციელდება ურთიერთქმედება განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულებს შორის და რომელი სახისაა ეს ურთიერთქმედება; 6) დაადგინოს, რატომ იცვლება განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულების სიჩქარე/ფორმა, რა გამოიწვია	
--	--	--

და სხეულის იმ ზედაპირის ფართობზე, რომელზეც ეს ძალა (ტოლქმედი) მოქმედებს. ამასთან თუ გარე ძალა აწარმოებს წნევას სითხეზე ან აირზე, წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირად ვრცელდება; 7) სხეულთა სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ენერგიისა და იმპულსის ცვლილებას, ხოლო მყარ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედისა და ამ ძალების მომენტების ჯამის მნიშვნელობა - სხეულის წონასწორობის პირობას; 8) სხეულის (სხეულთა სისტემის) მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრებისა და ამ მდგომარეობის გამომწვევი ძალის (ძალების) ერთმანეთთან დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.	სხეულებზე სხვადასხვა წერტილში, განსხვავებული მოდულისა და მიმართულების მქონე ძალების მოქმედებამ, რა შედეგები გამოიწვია სხეულებზე სხვადასხვა მოდულის მქონე ძალით, ზედაპირზე მის მართობულად მოქმედებამ და ა.შ; 7) დაადგინოს, არის თუ არა განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულები წონასწორობაში. თუ ასეა, რა არის მათი წონასწორობის მიზეზი, როგორ იცვლება განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულების იმპულსების ჯამი; 8) წარმოადგინოს, როგორ დამოკიდებულებაშია აჩქარებულად მოძრაობა სხეულის/თანაბრად მოძრაობა სხეულის/უძრავი სხეულის/მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრები ამ სხეულებზე მოქმედ ძალებთან;	
კომპლექსური დავალების განხორციელების ეტაპები (აქტივობები, რესურსები, შეკითხვები) ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა რესურსები/განსახილველი ქეისები: რესურსი 1. სამოტივაციო ვიდეორესურსი: „ფარადეის გალია“: https://www.youtube.com/watch?v=QU0fLnucE6A რესურსი 2. რა არის მოდელი		

რესურსი 3. „ფარადეის გალია“- რესურსი მოდელის დასამზადებლად. სახ. #10; გვ.51 სურ.73.
ვიდორესურსი: <https://www.youtube.com/watch?v=KQyvyg30S1Q>

კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა

სარეკომენდაციო აქტივობა: რესურს 1-ზე დაყრდნობით, მოსწავლეები ეცნობიან ელექტრული ველის „ეკრანიების“ ექსპერიმენტს, რესურს 2-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები ეცნობიან რა არის მოდელი, რესურს 3-ზე დაყრდნობით ეცნობიან, თუ რა რესურსი დასჭირდებათ მათ „ფარადეის გალიის“ მოდელის დასამზადებლად, მსჯელობენ თუ როგორ შეიძლება „ფარადეის გალიის“ მოდელის დამზადება.

კომპლექსური დავალების პირობის გააზრებაზე ორიენტირებული შეკითხვები:

„ფარადეის გალია (რესურსი 1; 3)

- თქვენს გარშემო, რა ნივთმა შეიძლება შეასრულოს ფარადეის გალიის როლი?
- რატომ მოქმედებს დამუხტული ბურთულა ფრანკლინის სტატუაზე მიმაგრებულ ფოლგის ვიწრო ზოლებზე (იხ. აქტივობა 1-ში მოცემული ვიდეორგოლი);
- რა ტიპის დაელექტროებას აქვს ადგილი ამ დროს?
- რა შეამჩნიეთ, როდესაც სტატუა მოათავსეს ფარადეის გალიაში?
- თქვენი სიტყვებით ჩამოაყალიბეთ, რას შეეხება თქვენს მიერ შესასრულებელი კომპლექსური დავალება, რომელზეც რამდენიმე გაკვეთილის განმავლობაში უნდა იმუშაოთ?
- მსგავსი ფორმის, ან შინაარსის დავალება სხვა დროს თუ შეგისრულებია?

მოდელი (რესურსი 2,3)

- რა არის მოდელი?
- შეგიქმნია თუ არა რაიმეს მოდელი?
- რა მასალები დაგჭირდება ფარადეის გალიის მოდელის შესაქმნელად?
- რომელი ნივთიერებისგან შექმნი ფარადეის გალიას?

ეტაპი II – კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა

ქვეცნება - ელექტრული ველი, ელექტროსტატიკური ინდუქცია

ნაბიჯი1.

შეფასების კრიტერიუმი 1;

როგორ და რატომ განსხვავდება ელექტრული ველის დამაბულობა გამტარის შიგნით და მის გარეთ, როდესაც გამტარი ელექტრულ ველშია მოთავსებული (მატ.1. ფიზ.პრ.1, ძ. 1,2)

რესურსი/აქტივობა/დამხმარე კითხვები:

რესურსი 1.

სახელმძღვანელო:

7 ელექტრული ველი.ელექტრული ველის დამაბულობა. წერტილოვანი მუხტის დამაბულობა.ელ. ველის სუპერპოზიციის პრინციპი.

#8 ელექტრული ველის დამაბულობის წირები

#10 გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში

ტელესკოლა:

- https://1tv.ge/video/fizikis-dro-eleqtruli-movlenebi-eleqtruli-veli-da-potenciali-teleskola/?fbclid=IwAR2_BmyecNo01KljtzgkN7j4RbfbwKV2dnvb3OnZZ5yBgAAAtA6KY7KfN

- [gU
https://www.youtube.com/watch?v=frk686a6C18](https://www.youtube.com/watch?v=frk686a6C18)

რესურსი 2.

- ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედება
<https://www.youtube.com/watch?v=ViZNgU-Yt-Y>
<https://www.youtube.com/watch?v=jcoTqhXehDQ>

მოსწავლეები რესურსის გამოყენებით ეცნობიან გავლენით დაელექტროების მაგალითებს, მსჯელობენ დამუხტული სხეულის ელექტრულად ნეიტრალური სხეულთან ურთიერთქმედების შესახებ.

რესურსი 3.

ვირტუალური ლაბორატორია:

<https://phet.colorado.edu/ka/simulations/charges-and-fields> მუხტი და ველი

იგივე სიმულაციის ინსტრუქცია ქართულად და შესაბამისი კვლევითი სამუშაო (გამოიყენეთ ამ ეტაპზე მხოლოდ დადამუხტულობისთვის)

[ელექტრული ველის დადამუხტულობა და პოტენციალი](#)

რესურსი 4.

ვიდეო რესურსი: <https://www.youtube.com/watch?v=MnZD5Fi0VIM>.

გამტარში მუხტების გადანაწილების პროცესი, ინდუცირებული ელექტრული ველის აღმგრა და გარე ელექტრული ველის კომპენსირება.

აქტივობა 1.

მოსწავლეები რესურს 2-ზე დაყრდნობით ატარებენ შერჩეულ ცდებს და მსჯელობენ ურთიერთქმედების ხასიათზე.

აქტივობა 2.

რესურს 3-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები მუშაობენ სიმულაციაში, აკვირდებიან დადებითი და უარყოფითი მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დადამუხტულობის წირებს და იკვლევენ:

1. დადამუხტულობის რიცხვითი მნიშვნელობის დამოკიდებულებას ველის შემქმნელი მუხტის სიდიდეზე
2. დადამუხტულობის რიცხვითი მნიშვნელობის დამოკიდებულებას მანძილზე

აქტივობა 3.

რესურს 1 -ზე დაყრდნობით (სახ. #8 გვ.40 ჩავატაროთ ცდა) მასწავლებელი ატარებს სადემონსტრაციო ცდას ელექტრული ველის სივრცეში განაწილების შესახებ. მოსწავლეები მსჯელობენ თმის ნაწილაკების განლაგებით ელექტრული ველის განაწილების შესახებ.

აქტივობებთან დაკავშირებული დამხმარე კითხვები:

- რა ქმნის ელექტროსტატიკურ ველს?
- მატერიის როგორი ფორმაა ელექტრული ველი, ნივთიერი თუ არა ნივთიერი?
- რითი მჟღავნდება ელექტრული ველის არსებობა?
- რა ფიზიკური სიდიდით ახასიათებენ ელექტრულ ველს?

- რა მიმართულების ძალით მოქმედებს ელექტრული ველი მასში მოთავსებულ დადებით მუხტზე?
- რა მიმართულების ძალით მოქმედებს ელექტრული ველი მასში მოთავსებულ უარყოფით მუხტზე?
- დამოკიდებულია თუ არა თავისუფალი ვარდნის აჩქარება დედამიწის ზედაპირის მახლობლად მოთავსებული სხეულის მასაზე?
- ელექტროსტატიკული ველის დამაბულობის მნიშვნელობა დამოკიდებულია თუ არა ველში შეტანილი სასინჯი მუხტის მნიშვნელობაზე?
- როგორია ანალოგია წერტილოვანი მუხტის მიერ შექმნილი ელექტროსტატიკური ველის დამაბულობის მოდულის და პლანეტის თავისუფალი ვარდნის აჩქარების მოდულის გამოსათვლელ ფორმულებს შორის?
- როგორ განვსაზღვროთ ელექტრული ველის დამაბულობა მის რომელიმე წერტილში?
- საითაა მიმართული წერტილოვანი დადებითი/უარყოფითი მუხტის ველის დამაბულობა?
- როგორ იცვლება წერტილოვანი მუხტის ველის დამაბულობის მოდული მუხტიდან დაშორების მიხედვით?
- როდესაც სივრცეში ორი დადებითი/ორი უარყოფითი წერტილოვანი მუხტი გვაქვს, მუხტებზე გამავალი წრფის რომელ წერტილში იქნება ჯამური დამაბულობა ნულის ტოლი?

აქტივობა 4.

სახ.#7;#8 საკონტროლო კითხვები და ამოცანები.

აქტივობა 5.

რესურს 4-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები ეცნობიან გამტარში მუხტების გადანაწილების პროცესს, ინდუცირებული ელექტრული ველის აღძვრას და გარე ელექტრული ველის კომპენსირებას.

აქტივობებთან დაკავშირებული დამხმარე კითხვები:

- რა მიმართულების ძალა მოქმედებს ლითონის თავისუფალ ელექტრონებზე გარე ელექტრული ველის მხრიდან? დადებით იონებზე?
- როგორ განაწილდა გამტარის ზედაპირზე ელექტრონები?
- ამომრავდებიან თუ არა დადებითი იონები? რატომ?
- რა მიმართულების ელექტრული ველი შექმნა გადანაწილებულმა ელექტრონებმა და დადებითმა იონებმა ?
- რა მიმართულება ექნება ინდუცირებულ ელექტრულ ველს გარე ველის მიმართ?
- როდემდე გაგრძელდება თავისუფალი ელექტრონების გადანაწილების პროცესი?
- რატომ გახდა ელექტრული ველის ჯამური დამაბულობა გამტარის შიგნით ნულის ტოლი?

აქტივობა 6.

ფარადეის გალიის მოდელის დამზადება სახ. #10; გვ.51 სურ.73. პარაგრაფში მოცემული სურათის შესაბამისად.

ნაბიჯი2.

შეფასების კრიტერიუმი 2, 3;

- როგორი აგებულებისაა გამტარი და დიელექტრიკი, რა განსხვავებულ თვისებებს

ავლენენ ისინი გარე ელექტრულ ველში მოთავსებისას და რით აიხსნება ეს განსხვავება. (მატ. 2. ფიზ.პრ.1;2. ძ.1,2,3,);

- არის თუ არა დამოკიდებული ფარადეის გალიის ეფექტი (მის შიგნით ელექტრული ველის კომპენსირება) გამტარის გვარობაზე და გალიის უჯრედების ზომეზე. (მატ. 1;2; ძ. 1;2)

რესურსი/აქტივობა/დამხმარე კითხვები:

რესურსი 1.

სახელმძღვანელო:

#10 გამტარები ელექტროსტატიკულ ველში

#11 დიელექტრიკები ელექტრულ ველში. დიელექტრიკული შეღწევადობა

რესურსი 2.

დიელექტრიკის პოლარიზაცია გარე ელექტრულ ველში. ვიდეო რესურსი:

<https://www.youtube.com/watch?v=KBjI1qiYOgo>

აქტივობა 1.

რესურსი 2-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები ეცნობიან დიელექტრიკის პოლარიზაციას გარე ელექტრულ ველში მოთავსებისას, დიელექტრიკის ნაპირებზე საპირისპირო ნიშნის მქონე ზემოთ მუხტების წარმოქმნას და მსჯელობენ დიელექტრიკის შიგნით ჯამური ელექტრული ველის შესუსტებაზე.

აქტივობებთან დაკავშირებული დამხმარე კითხვები:

- რა განსხვავებაა გამტარისა და დიელექტრიკის ელექტრულ თვისებებს შორის?
- როგორ დიელექტრიკს უწოდებენ პოლარულ დიელექტრიკს? არაპოლარულ დიელექტრიკს?
- როგორ გადაადგილდება დადებითი და უარყოფითი მუხტების განაწილების ცენტრები არაპოლარულ დიელექტრიკში, მისი ელექტრულ ველში მოთავსებისას?
- ჩვეულებრივ, როგორაა ორიენტირებული დიპოლები პოლარულ დიელექტრიკში?
- როგორ ორიენტირდება დიპოლები პოლარულ დიელექტრიკში მისი ელექტრულ ველში მოთავსებისას?
- როგორი მიმართულების ელექტრული ველის დამაბულობას ქმნის დიელექტრიკის დიპოლები ორიენტირების შემდეგ?
- რატომ არ შეუძლია დიელექტრიკს, გამტარის მსგავსად, გარე ელექტრული ველის კომპენსირება?
- რას გვიჩვენებს გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობა?
- აქვს თუ არა დიელექტრიკულ შეღწევადობას განზომილება?
- როგორი სახე აქვს ϵ დიელექტრიკული შერწყვადობის გარემოში მოთავსებული მუხტებისთვის კულონის კანონს?
- როგორ გამოითვლება ϵ დიელექტრიკული შეღწევადობის გარემოში მოთავსებული წერტილოვანი მუხტის ველის დამაბულობის მოდული?

აქტივობა 2

რესურსი 1-ზე დაყრდნობით (სახ.#10) მასწავლებელი ატარებს სადემონსტრაციო ცდებს ელექტროსტატიკური ველის ეკრანირების შესახებ. მასწავლებელი ცდის მიმდინარეობისას მავთულის დამატებით ან მოკლებით ცვლის ფარადეის გალიის უჯრედების ზომებს და მოსწავლეები აკვირდებიან მიღებულ შედეგებს შორის შესაძლო განსხვავებას.

აქტივობა 3.

მოსწავლეებს უკვე დამზადებული ელექტროსკოპის გავლენით დაელექტროების ცდას ატარებენ მისი გალიაში მოთავსების შემდეგ. აკვირდებიან მოვლენას დამოაქვთ დასკვნა.

აქტივობა 4 .

მოსწავლეები ატარებენ ცდას ელექტრული ველის ეკრანიზების შესახებ (იხ.სურ.).

შენიშვნა: სინამდვილეში აღნიშნულ ცდაში, არა ელექტრული ველის, არამედ ელექტრომაგნიტური ტალღის ეკრანიზება დაიშვირება, თუმცა, თვალსაჩინოებისათვის ცდა მისაღებია. შესაძლებელია მასწავლებელმა მოსწავლეებს განუმარტოს, რომ ელექტრომაგნიტურ ველს მომდევნო კლასში გაეცნობიან.

მოსწავლეები ალუმინის ფოლგაში მოათავსებენ მობილურ ტელეფონს და შეეცდებიან მასთან კავშირის დამყარებას (დარეკვას).

მოსწავლეები მსჯელობენ ფარადეის გალიისა და ალუმინის ფოლგისგან გაკეთებული გარსის ანალოგიის შესახებ.

აქტივობა 5.

სახ. # 11-ის ამოცანების ამოხსნა.



აქტივობებთან დაკავშირებული დამხმარე კითხვები:

- რა განსხვავება შეინიშნება დამუხტული ბურთულების ურთიერთქმედებაში, ფარადეის გალიაში მოთავსებამდე და ერთ - ერთი ბურთულის გალიაში მოთავსების შემდეგ?
- რატომ ვერ აღწევს ელექტრული ველი ფარადეის გალიის შიგნით?
- თქვენი აზრით, შეიცვლება თუ არა შედეგი, თუ ფარადეის გალიას ალუმინის ნაცვლად სპილენძის მავთულისგან დავამზადებთ? რატომ?
- შეიცვალა თუ არა ცდის შედეგი ფარადეის გალიის უჯრედების ზომების ცვლილებისას? თუ შეიცვალა, როგორ?
- რომელ საოჯახო ნივთს გამოიყენებდით ფარადეის გალიის როლში?
- რისთვისაა საჭირო ელექტროგამზომი ხელსაწყოების ელექტროსტატიკური დაცვა?
- სახლში არსებული საგნებიდან, რომელს აქვს ელექტროსტატიკური დაცვა?

კომპლექსური დავალების პრეზენტაციის პროცესში მასწავლებლის მიერ დასმული შეკითხვები კონკრეტულ მოსწავლესთან ინდივიდუალური მუშაობის საწარმოებლად

- აღწერე, როგორ წარიმართა დავალებაზე მუშაობის პროცესი;
- აღწერე, რა პროდუქტი შექმენი;
- რითი ჰგავს, ან განსხვავდება შენს მიერ შექმნილი პროდუქტი შენი თანაკლასელებისას?
- რა ხელსაწყოები და ნივთები გამოიყენე გალიის შექმნის პროცესში?
- რას შეცვლიდი დავალებაზე მუშაობას თავიდან რომ იწყებდე?
- როგორ დაგეხმარა ფარადეის გალიის შექმნა სახელმძღვანელოში მოცემული საკითხის შინაარსის გააზრებაში?

დანართი გამოიყენება იმის გასაანალიზებლად, თუ რამდენად ღრმად გაიაზრა მოსწავლემ შესასწავლი საკითხი. ამაში გვეხმარება **ეროვნული სასწავლო გეგმის შედეგების მიღწევის ტაქსონომია**. მისი თითოეული საფეხური წარმოადგენს 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.

შეფასების კრიტერიუმი	კომენტარი
პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.	მოსწავლეს არ აქვს არცერთი იდეა დავალებაზე მუშაობის დასაწყებად
უნიტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	მოსწავლეს აქვს ერთი იდეა (მაგალითად, შეუძლია ალუმინის ფოლგაში მოთავსებული ტელეფონის ზარის ჩახშობის დემონსტრირება) თუმცა, ვერ იაზრებს კომპლექსურ დავალებაში წარმოდგენილი საკითხებისა და ქვეცნებების შინაარსს.
მულტისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	მოსწავლეს აქვს რამდენიმე იდეა დავალების შესასრულებლად, თუმცა ვერ აკავშირებს ამ იდეებს ერთმანეთთან - საჭიროა მიმართებები ამ იდეებს შორის. მაგ.: მოსწავლე მსჯელობს ელექტრული ველისა და მისი დამაბულობის შესახებ, შეუძლია ველში მოთავსებულ მუხტზე მოქმედი ძალის პოვნა. იცის ლითონის აგებულება, მაგრამ ვერ აკავშირებს ამ ცოდნას ერთმანეთთან.
მიმართებითი დონე მოსწავლეს შეუძლია: • სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ფაქტებისა და მოვლენების კრიტიკულად და ურთიერთდაკავშირებულად გააზრება და გაანალიზება; • სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების ურთიერთდაკავშირებულად გაანალიზება; • კონკრეტულ სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ინფორმაციის კონტექსტუალიზება (საგნის სხვა სამიზნე ცნებებთან დაკავშირება). • მიმართებითი დონეზე საკითხის/სამიზნე ცნების გააზრება ნიშნავს ეროვნული სასწავლო გეგმით განსაზღვრული შედეგის მიღწევას. თუმცა,	მოსწავლეს აქვს დავალების შესასრულებლად საჭირო იდეები, აკავშირებს მათ ერთმანეთთან და ასრულებს დავალებას. მაგ.: მოსწავლემ მსჯელობს ელექტრული ველისა და მისი დამაბულობის შესახებ. შეუძლია ველში მოთავსებულ მუხტზე მოქმედი ძალის პოვნა. იცის ლითონის აგებულება. აღწერს გარე ველში მოთავსებულ ლითონში მუხტების მოძრაობას და გადანაწილებას. გააზრებული აქვს ინდუცირებული ველის აღძვრის მიზეზი. იყენებს ველების სუპრპოზიციის პრინციპს და

შესაძლებელია მოსწავლე უფრო შორსაც წავიდეს, ანუ იმ განზოგადებებისკენ, რომელიც აბსტრაქტული დონისთვისაა განსაზღვრული.	მის საფუძველზე ხსნის გამტარის შიგნით ელექტრული ველის „გაქრობას“.
აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს შეუძლია სამიზნე ცნებაზე მუშაობის პროცესში შეძენილი ცოდნისა და გამოცდილების ეროვნული სასწავლო გეგმის ზესაგნობრივ (მაკრო) ცნებებთან დაკავშირება.	მოსწავლე წარმატებით ართმევს თავს დავალებას და შეუძლია მისი განზოგადება, შეძენილი ცოდნის გამოყენება მისთვის უცნობ კონტექსტში: მოსწავლეს შეუძლია ველში მოთავსებულ მუხტზე მოქმედი ძალის პოვნა. იცის ლითონის აგებულება. აღწერს გარე ველში მოთავსებულ ლითონში მუხტების მოძრაობას და გადანაწილებას. გააზრებული აქვს ინდუცირებული ველის აღძვრის მიზეზი. იყენებს ველების სუპრპოზიციის პრინციპს და მის საფუძველზე ხსნის გამტარის შიგნით ელექტრული ველის „გაქრობას“. მოსწავლე მსჯელობს ელექტრული ველის ეკრანირებაზე და მის საჭიროებაზე პრაქტიკაში.

გრძელვადიანი მიზანი	შუალედური სასწავლო მიზანი N3-ლეიდენის ქილა საათების სავარაუდო რაოდენობა-10	
სამიზნე ცნება - ენერგია, ფიზიკური პროცესი. ფიზ.საშ. 1,2,3,4. ქვეცნება: • ელექტრული ველის მუშაობა • ელექტრული ველის ენერგია • ელექტრული ინდუქცია, თემა: ელექტროსტატიკა; საკითხი/საკითხები: ელექტრული ველის მუშაობა, ელექტრული ველის ენერგია, კონდენსატორი ქვესაკითხი/ქვესაკითხები: • პოტენციალი, პოტენციალთა სხვაობა • ექვიპოტენციური ზედაპირები • ელექტროტევადობა • კონდენსატორთა შეერთება • კონდენსატორის ენერგია	საკვანძო შეკითხვა: როგორ შევქმნათ ლეიდენის ქილის მოდელი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება ელექტრული ველის ენერგიის დაგროვება? კომპლექსური დავალება - „ლეიდენის ქილიდან“ თანამედროვე კონდენსატორამდე. რომ შეგვეძლოს ერთი გაელვებისას გამოყოფილი ელექტრული ველის ენერგიის შენახვა, ის რამდენიმე ოჯახს მთელი თვის განმავლობაში ეყოფოდა. შედარებით მცირე დოზით ელექტრული ენერგიის დაგროვება და გამოყენება აუცილებელია სხვადასხვა ელექტრული ხელსაწყოების მუშაობისათვის. სწორედ ამ მიზნით შეიქმნა კონდენსატორი. პირველი კონდენსატორი 1745 წელს, ქალაქ ლეიდენში გააკეთეს და ამიტომაც მას ლეიდენის ქილა უწოდეს. თქვენი დავალებაა, შექმნათ ლეიდენის ქილის მოდელი, რომლის საშუალებითაც შეძლებთ ელექტრული ველის ენერგიის დაგროვებას.	
სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენები მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს რომ:	შეფასების კრიტერიუმი - (ზოგადი) მოსწავლეს შეუძლია:	შეფასების კრიტერიუმი - ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინეთ:
სამიზნე ცნება: ენერგია მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 9) სისტემის შემადგენელ სხეულებს მათი მოძრაობისა და სხვა სხეულებთან ურთიერთქმედების გამო, ასევე სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და მათი ერთმანეთთან ურთიერთქმედების გამო შესაძლებელია გააჩნდეთ სხვადასხვა სახის ენერგია,	• აღმოაჩინოს, ენერგიის რომელი სახეებით ხასიათდებიან განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულები და ენერგიის როგორი გარდაქმნა ხდება ამ დროს; • დაადგინოს, რის ხარჯზე მოხდა განსახილველ მოვლენაში/საკითხში მონაწილე სხეულების ენერგიების ცვლილება; • წარმოადგინოს, როგორაა დამოკიდებული	• კრიტერიუმი N1 რატომ აქვს ელექტრულ ველში მოთავსებულ მუხტს ენერგია, რა სახის ენერგიაა ის და როგორაა შესაძლებელი მისი ცვლილება/სხვა სახის ენერგიად გარდაქმნა (ე.1,2,3 ფიზ. პრ. 1;2;3)

რომელიც შესაძლებელია გარდაიქმნას ერთი სახიდან მეორეში; 10) სხეულთა სისტემის ენერგიის ცვლილებას განსაზღვრავს მის მიერ (მასზე გარე ძალების მიერ) მუშაობის შესრულება ან/და თბოგადაცემა, ხოლო სხეულთა სისტემის მიერ შესრულებული მუშაობის (ენერგიის ცვლილების) სისწრაფეს - მის მიერ განვითარებული სიმძლავრე; 11) სხეულთა სისტემის ენერგიებისა და მათი ცვლილების დამოკიდებულება ენერგიების ცვლილების გამომწვევ მიზეზებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.	განსახილველ მოვლენაში მონაწილე სხეულთა სისტემის ენერგია მისი ცვლილების გამომწვევ მიზეზებზე;	• კრიტერიუმი N2 • რა სახის ენერგია გააჩნია კონდენსატორს, რა სიდიდეებზეა ეს ენერგია დამოკიდებული და როგორაა შესაძლებელი მისი ცვლილება. (ე.1; 2, 3; ფიზ. პრ. 2) • კრიტერიუმი N3 • მოცემული ძაბვისას, როგორაა დამოკიდებული კონდენსატორთა ბატარეის ენერგია მათი შეერთების სახეებზე და როგორ წარმოადგენთ ამ დამოკიდებულებას? როგორი გამოყენება აქვთ კონდენსატორებს ყოფა-ცხოვრებაში. (ე. 3, ფიზ. პრ. 3).
სამიზნე ცნება: ფიზიკური პროცესი მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) ყველა ფიზიკურ მოვლენას და მის დამახასიათებელ პროცესს განაპირობებს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი. მათ შორის კავშირების დადგენა კი მეცნიერების მთავარი ამოცანაა. 2) ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობის აღსაწერად, მეცნიერები ამ მოვლენების შესაბამის ფიზიკურ პროცესებს იკვლევენ. თითოეული პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომელთა ურთიერთდაკავშირებითაც შესაძლებელია ამ პროცესის აღწერა. 3) ფიზიკური პროცესების მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებსა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად,	• აღმოაჩინოს, რომელი ფიზიკური მოვლენა ხდება და, შესაბამისად, რომელი ფიზიკური პროცესები მიმდინარეობს მის მიერ განსახილველ საკითხში. დააკავშიროს ერთმანეთთან ამ პროცესების მიზეზები და შედეგები; • გამოიკვლიოს, აღმოაჩინოს მის მიერ განსახილველ საკითხში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები და კავშირი მათ შორის; • სხვადასხვა ფორმით წარმოადგინოს კავშირები მის მიერ განსახილველ საკითხში მიმდინარე ფიზიკური	

გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა მეთოდებით.	პროცესების მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებსა და ამ სიდიდეების ცვლილების მიზეზებს შორის.	
---	---	--

ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა

აქტივობები, რესურსები/აკტივობები/კითხვები

რესურსები/განსახილველი ქეისები:

რესურსი 1. სამოტივაციო ვიდეო“ ლეიდენის ქილა“ „ლეიდენის ქილა“ [Leyden Jar demo - YouTube](#)

რესურსი 2. [რა არის მოდელი](#)

რესურსი 3. ვიდეო რესურსი „ლეიდენის ქილა“: <https://www.youtube.com/watch?v=e2EWeOVCO5o>

კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა

სარეკომენდაციო აქტივობა 1: რესურს 1-ზე

დაყრდნობით, მოსწავლეები გაეცნობიან სხვადასხვა ტიპის კონდენსატორებს, მათ გამოყენებას, რესურს 2,3-ზე დაყრდნობით მასწავლებელი ყურადღებას ამახვილებს ნივთებზე, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება ლეიდენის ქილის მოდელის დამზადება:

ლეიდენის ქილის მოდელის დამზადება:

- მინის ჭიქა;
- ალუმინის ფოლგა;
- წვრილი იზოლირებული მავთული;
- წებოვანი ლენტა;
- პოლიეთილენის ბოთლი;
- შალის ნაჭერი.



ლეიდენის ქილის დამზადების ინსტრუქცია: ალუმინის ფოლგისაგან გამოჭერით ჭიქის სიმაღლეზე ოდნავ ნაკლები სიგანის მქონე ორი ფოლი. მინის ჭიქაზე გარედან შემოახვიეთ ერთი მათგანი და მჭირდოდ დაამაგრეთ წებოვანი ლენტით. ასევე, ჭიქის შიდა ზედაპირზე გამოაკარით მეორე ფოლი ისე, რომ ჭიქის გარე და შიდა ფოლგები ერთმანეთს არ ეხებოდეს. წებოვანი ლენტით შიდა და გარე ფოლგებზე დაამაგრეთ თითო მავთულის არაიზოლირებული წვეროები.

კომპლექსური დავალების პირობის გააზრებაზე ორიენტირებული შეკითხვები:

- რომელი საოჯახო ტექნიკის ჩამოთვლა შეგიძლია, რომელიც ელექტრულ ენერგიაზე მუშაობს?
- რატომაა მნიშვნელოვანი ელექტრული ენერგიის დაგროვება?
- შენი სიტყვებით ჩამოაყალიბე, რას ეხება კომპლექსური დავალება, რომელზეც რამდენიმე გაკვეთილის განმავლობაში უნდა იმუშაო?

მოდელი (რესურსი 2,3,)

- რა არის მოდელი?
- შეგიქმნია თუ არა რაიმეს მოდელი?
- რა ნივთები და ხელსაწყოები დაგჭირდება ლეიდენის ქილის მოდელის დასამზადებლად?
- როგორ შექმნი ლეიდენის ქილის მოდელს?

ეტაპი II – კომპლექსურ დავალებზე მუშაობა

ქვეცნება - ელექტრული ველის მუშაობა, ელექტრული ველის ენერგია, ელექტრული ინდუქცია,

ნაბიჯი1.

შეფასების კრიტერიუმი 1;

რატომ აქვს ელექტრულ ველში მოთავსებულ მუხტს ენერგია, რა სახის ენერგიაა ის და როგორაა შესაძლებელი მისი ცვლილება/სხვა სახის ენერგიად გარდაქმნა (ე.1,2,3 ფიზ. პრ. 1;2;3)

რესურსი/აქტივობა/დამხმარე კითხვები:

რესურსი 1.

სახელმძღვანელო:

#12 ელექტრული ველი მუშაობა მუხტის გადაადგილებისას. მუხტის პოტენციალური ენერგია ერთგვაროვან ელექტროსტატიკულ ველში.

#13 წერტილოვანი მუხტების ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია.

#14 პოტენციალი. პოტენციალთა სხვაობა. წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალი.

#15 ექვიპოტენციალური ზედაპირები. კავშირი ერთგვაროვანი ელექტრული ველის დამაბულობასა და პოტენციალთა სხვაობას შორის.

რესურსი 2. ვირტუალური ლაბორატორია: წერტილოვანი მუხტის პოტენციალი

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html

აქტივობა 1.

მასწავლებელი ხსნის ერთგვაროვანი ელექტროსტატიკური ველის მიერ მასში მუხტის

გადაადგილებაზე შესრულებულ მუშაობას, როგორც სიმძიმის ძალის მუშაობის ანალოგიას.

- რა არის ენერგია?
- რატომ გააჩნია სხეულს პოტენციალური/კინეტიკური ენერგია?
- რომელი ენერგია გააჩნია დედამიწიდან რაიმე სიმაღლეზე ატანილ სხეულს?
- როგორ მუშაობას ასრულებს სიმძიმის ძალა სხეულის ქვევით/ზევით, ჰორიზონტალურად მოძრაობისას?
- რისი ტოლია სიმძიმის ძალის მუშაობა ჩაკეტილ ტრაექტორიაზე?
- დამოკიდებულია თუ არა სიმძიმის ძალის მუშაობა ტრაექტორიის ფორმაზე?
- როგორი ველია გრავიტაციული ველი?
- როგორ გამოითვლება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში ველის მიმართულებით დადებითი მუხტის გადაადგილებისას შესრულებული მუშაობა?
- რისი ტოლია ველის მიერ შესრულებული მუშაობა ძალწირების მართობულად მუხტის გადაადგილებისას?
- რა მუშაობას ასრულებს ელექტრული ველი შეკრულ ტრაექტორიაზე მუხტის გადატანისას?
- დამოკიდებულია თუ არა ელექტრული ველის მუშაობა ტრაექტორიის ფორმაზე?
- რა მსგავსებაა სიმძიმის ძალისა და ელექტრული ველის მიერ შესრულებულ მუშაობებს შორის?
- როგორი ველია ელექტროსტატიკული ველი?
- რაზეა დამოკიდებული მუხტის პოტენციალური ენერგია ერთგვაროვან ელექტრულ ველში?
- როგორ იცვლება მუხტის პოტენციალური/კინეტიკური ენერგია როცა ველი დადებით/უარყოფით მუშაობას ასრულებს?
- თუ ელექტრონი ველის ძალწირის მიმართულებით იმოძრაავს როგორ შეიცვლება მისი პოტენციალური/კინეტიკური ენერგიები?

აქტივობა 2. ამოცანები #12-დან.

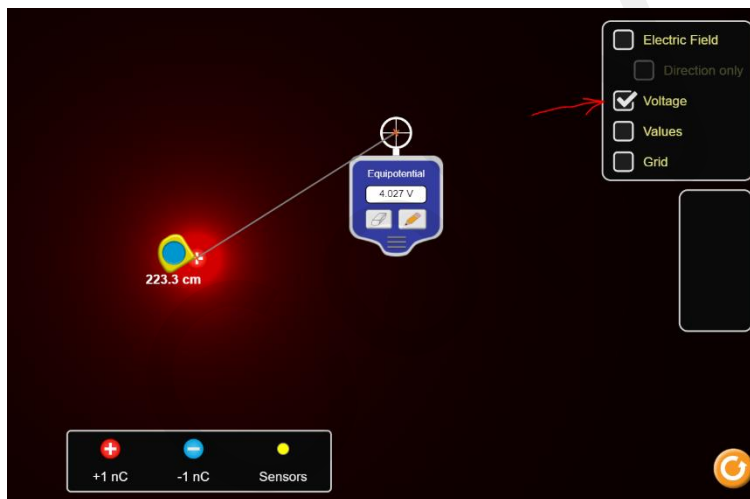
აქტივობა 3.

რესურს 2-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები იკვლევენ წერტილოვანი მუხტის პოტენციალის მანძილზე დამოკიდებულებას.

რესურს 2-ზე მუშაობის ინსტრუქცია- გახსენით ბმული: <https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields.en.html> რომელშიც

შესაძლებელია წერტილოვანი მუხტის პოტენციალის გაზომვა მისგან სხვადასხვა მანძილზე.

ბმულზე გადასვლის შემდეგ, სურათის შესაბამისად, მარჯვენა სვეტში მონიშნეთ წარწერა vltage, შეარჩიეთ წერტილოვანი მუხტი, გამოიყენეთ სიგრძის საზომი ლენტა და სასურველ ადგილზე პოტენციომეტრის მიტანით გაზომეთ წერტილოვანი მუხტის პოტენციალი ველის მოცემულწერტილში.



აქტივობა 4:

მოსწავლეები რესურს 2-ზე დაყრდნობით აკვირდებიან და ასაბუთებენ წერტილოვანი მუხტების ველების პოტენციალების სუპერპოზიციის პრინციპს: რიგრიგობით, რამდენიმე წერტილოვანი მუხტის მიერ მოცემულ წერტილში შექმნილი პოტენციალების ჯამს ადარებენ იმავე მუხტების (იმავე განლაგებისას) მიერ ერთდროულად, იმავე წერტილში შექმნილი ველის პოტენციალს.

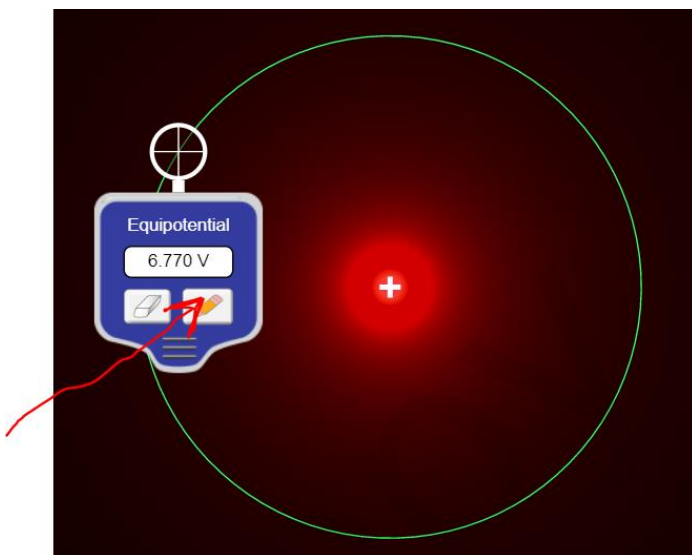
- რატომაა ველის წერტილის პოტენციალი მისი ენერგეტიკული მახასიათებელი?
- როგორ გამოითვლება წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალი?
- რა ნიშნისაა დადებითი მუხტის მიერ შექმნილი ველის პოტენციალი? უარყოფითის?
- ვირტუალური ლაბორატორიული სამუშაოს ჩატარებისას, როგორ შეიცვალა წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალი მუხტიდან დაშორების ორჯერ გაზრდით?
- როგორ გაზომავ წერტილოვანი მუხტის ველის ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობას - ძაბვას?

აქტივობა 5.

ექვიპოტენციალური ზედაპირების კვლევა: ვირტუალურ ლაბორატორიაში აირჩიეთ ერთი წერტილოვანი მუხტი. პოტენციომეტრზე დააკლიკეთ ფანქარს (იხ. ინსტრუქცია სურათზე). საზომი ლენტით გაზომეთ მანძილი წერტილოვანი მუხტიდან მწვანე წირის რამდენიმე

წერტილამდე. შემდეგ, პოტენციომეტრით გაზომეთ წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალი წირის რამდენიმე წერტილში. უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

- როგორი თანაფარდობა აღმოჩნდა წერტილოვანი მუხტიდან წირის სხვადასხვა წერტილამდე გაზომილ მანძილებს შორის?
- როგორი თანაფარდობა აღმოჩნდა მიღებული წირის სხვადასხვა წერტილის პოტენციალებს შორის?
- რისი ტოლია ძაბვა მიღებული წირის ნებისმიერ ორ წერტილს შორის?
- რა მუშაობას შეასრულებს ელექტრული ველი საცდელი მუხტის ექვიპოტენციალურ ზედაპირზე გადაადგილებისას?
- რა მუშაობას შეასრულებს ელექტრული ველი ექვიპოტენციალური ზედაპირის ერთი წერტილიდან მის ნებისმიერ წერტილში სხვადასხვა ტრაექტორიით საცდელი მუხტის გადაადგილებისას?



აქტივობა 6.

დახაზეთ წერტილოვანი მუხტის ექვიპოტენციალური ზედაპირები მისგან 30; 60 სანტიმეტრის დაშორებით. შეარჩიეთ მუხტი და უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

- რისი ტოლია წერტილოვანი მუხტის პოტენციალი მისგან 30 სმ მანძილზე? 60 სმ-ზე?
- გაზომეთ ძაბვა მუხტისგან 30 სმ და 60 სმ მანძილით დაშორებული წერტილებს შორის და შეადარეთ ფორმულით გამოთვლილს.

აქტივობა 7.

ამოცანები სახელმძღვანელოდან: #13;#14;#15

შენიშვნა: წერტილოვანი მუხტის ექვიპოტენციალური ზედაპირები სფეროებია. ჩვენს შემთხვევაში კი ეს არ ჩანს ორგანოზომილებიანი გამოსახულების გამო. ამიტომ, ზედაპირს წირით მოვიხსენიებთ.

ნაბიჯი 2.

შეფასების კრიტერიუმი 2; 3;

- რა სახის ენერგია გააჩნია კონდენსატორს, რა სიდიდეებზეა ეს ენერგია დამოკიდებული და როგორაა შესაძლებელი მისი ცვლილება (ე.1; 2, 3.ფიზ. პრ. 2)
- მოცემული ძაბვისას, როგორაა დამოკიდებული კონდენსატორთა ბატარეის ენერგია მათი შეერთების სახეებზე და როგორ წარმოადგენთ ამ დამოკიდებულებას? როგორი გამოყენება აქვთ კონდენსატორებს ყოფა-ცხოვრებაში (ე. 3, ფიზ. პრ. 3).

რესურსი/აქტივობა/დამხმარე კითხვები:

რესურსი 1.

სახელმძღვანელო:

#17 ელექტროტევადობა

#18 კონდენსატორი. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა

#19 კონდენსატორების შეერთება

#20 დამუხტული კონდენსატორის ენერგია

ტელესკოლა: <https://www.youtube.com/watch?v=u30rCPkTUPA>

რესურსი 2.

ვირტუალური ლაბორატორია: კონდენსატორი- <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/capacitor-lab/latest/capacitor-lab.html?simulation=capacitor-lab&fbclid=IwAR2yYrn5ysz3WkDVhaRMx03knd0tF7v>

რესურსი 3. ვირტუალური ლაბორატორია: კონდენსატორი-

https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_en.html?fbclid=IwAR0JFBKGsF4nR1ZSD79P5_2JCrWyKkDzwIzRS30bGnrsJlkdXkm9Uy3lXLk

რესურსი 4. კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება

(რესურსი შექმნილია ზოგადი განათლების რეფორმის ფარგლებში)

აქტივობა 1.

რესურს 1-ზე დაყრდნობით მასწავლებელი ხსნის ელექტროტევადობას #17 და ატარებს #15-ის ბოლოს მოყვანილ სადემონსტრაციო ცდას, #17-ში მოცემული ინსტრუქციის შესაბამისად.

აქტივობა 2.

ამოცანები შერჩევით #17

აქტივობა 3.

მასწავლებელი ატარებს პირველ და მეორე სადემონსტრაციო ცდას (§18).

აქტივობასთან დაკავშირებული დამხმარე კითხვები:

- რატომ აქვს ყველა განმხილვებულ გამტარს მხოლოდ განსაზღვრული ელექტრული ტევადობა?
- რატომ იზრდება გამტარის მუხტის დაგროვების უნარი მის სიახლოვეს საპირისპირო ნიშნით დამუხტული გამტარის მოთავსებისას?

აქტივობა 4.

მოსწავლეები ვირტუალური ლაბორატორიის დახმარებით იკვლევენ კონდენსატორის ტევადობას, ენერგიას

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/capacitor-lab/latest/capacitor-lab.html?simulation=capacitor-lab&fbclid=IwAR2yYrn5ysz3WkDVhaRMx03knd0tF7v>

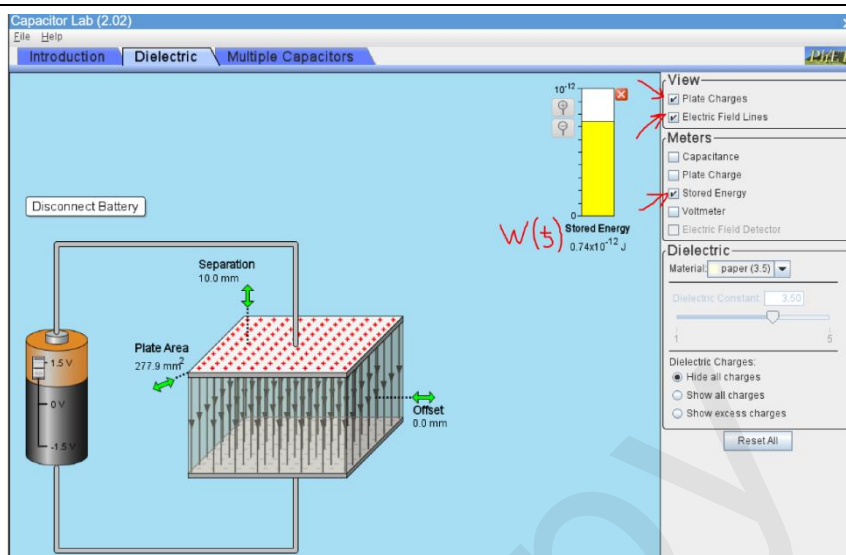
ვირტუალური

ლაბორატორიაში მუშაობის ინსტრუქცია:

ბმულზე გადასვლისას, მონიშნეთ მარჯვენა სვეტში ისრებით მითითებული წარწერები. კონდენსატორის ფირფიტებთან ჩვენები მწვანე ისრებით შესაძლებელია ფირფიტებს შორის მანძილის ცვლილება, მათი ფართობების ცვლილება და ფირფიტებს შორის დიელექტრიკის შეტანა - გამოტანა.

ელემენტზე მოცემული

ლილაკით შეგიძლიათ ცვალოთ ძაბვა კონდენსატორის შემონაფენებს შორის. მარჯვენა სვეტში, წარწერა „material” - ის გასწვრივ შეგიძლიათ ცვალოთ დიელექტრიკის გვარობა. მარჯვენა მხარეს მოცემული ყვითელი სვეტი და მის ბოლოში არსებული წარწერა გვიჩვენებს კონდენსატორის ველის ენერგიას.



შეასრულეთ შესაბამისი მოქმედებები და უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

- როგორ დავმუხტოთ კონდენსატორი?
- როგორ გავზარდოთ კონდენსატორის მუხტი?
- არის თუ არა დამოკიდებული კონდენსატორის ელექტროტევადობა მის მუხტზე? შემონაფენებს შორის ძაბვაზე?
- როგორ იცვლება ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა მისი შემონაფენების დაშორებისას/დაახლოებისას?
- როგორ იცვლება ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა შემონაფენების გადაფარვის ფართობის შემცირებისას/გაზრდისას?
- როგორ შეიცვლება ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა შემონაფენებს შორის დიელექტრიკის შეტანისას?
- შემონაფენებს შორის დიელექტრიკის დიელექტრიკული შეღწევადობის ცვლილებით?

აქტივობა 5.

მოსწავლეები „ლეიდენის ქილის“ დამზადებულ მოდელზე ატარებენ ექსპერიმენტს:

პოლიეთილენის ბოთლი დამუხტეთ შალზე ხახუნით და შეახეთ დამზადებული მოდელის შიდა ფოლგაზე მიმაგრებულ მავთულის მეორე ბოლოს ისე, რომ ჭიქა გარე ფოლგით ხელში გეჭიროთ. ამის შემდეგ მიუახლოვეთ ფოლგებზე მიმაგრებული მავთულების თავისუფალი ბოლოები და დააკვირდით მოვლენას. მოსწავლეები მსჯელობენ მიღებულ შედეგზე.

- აქვს თუ არა დამუხტულ კონდენსატორს ელექტრული ენერგია?

აქტივობა 6.

მოსწავლეები ვირტუალური ლაბორატორიაში იკვლევენ კონდენსატორის ენერგიას

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/capacitor-lab/latest/capacitor-lab.html?simulation=capacitor-lab&fbclid=IwAR2yYrn5ysz3WkDVhaRMx03knd0tF7y>

სიმულაციაში მუშაობის ინსტრუქცია მოცემულია აქტივობა 4-ში

შემონაფენებს შორის მუდმივი ძაბვის პირობებში

- როგორ იცვლება კონდენსატორის ენერგია მისი შემონაფენების ფართობის გაზრდით? შემცირებით?

- როგორ იცვლება კონდენსატორის ენერგია მის შემონაფენებს შორის მანძილის გაზრდით? შემცირებით?
- როგორ იცვლება კონდენსატორის ენერგია მის შემონაფენებს შორის არსებული დიელექტრიკის დიელექტრიკული შეღწევადობის ცვლილებით?

აქტივობა 7.

მოსწავლეები ატარებენ ცდას ვირტუალურ ლაბორატორიაში შემდეგი ბმულის მიხედვით:

https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_en.html?fbclid=IwAR0JFBKGsF4nR1ZSD79P5_2JCrWyKkDzwIzRS30bGnrsJlkdXkm9Uy3IXLk

დამუხტეთ კონდენსატორი და განათეთ იგი წრედიდან:

აქტივობასთან დაკავშირებული დამხმარე კითხვები:

- რა სიდიდე რჩება მუდმივი ამ დროს?
- როგორ იცვლება კონდენსატორის ტევადობა და ენერგია მისი შემონაფენების ფართობის გაზრდით/შემცირებით?
- როგორ იცვლება კონდენსატორის ტევადობა და ენერგია მის შემონაფენებს შორის მანძილის გაზრდით/შემცირებით?

აქტივობა 8.

რესურს 4- ზე ([კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება](#)) დაყრდნობით მოსწავლეები იკვლევენ კონდენსატორების მიმდევრობით და პარალელურ შეერთებას.

აქტივობასთან დაკავშირებული დამხმარე კითხვები:

- როგორ ნაწილდება მუხტი კონდენსატორების მიმდევრობით შეერთებისას?
- რისი ტოლია ძაბვა კონდენსატორების მიმდევრობით შეერთებისას?
- როგორ გამოითვლება მიმდევრობით შეერთებული ორი კონდენსატორის ტევადობა?
- კონდენსატორების პარალელურად შეერთებისას როგორია ძაბვა თითოეული კონდენსატორის შემონაფენებზე?
- როგორ გამოივლება ჯამური მუხტის მნიშვნელობა კონდენსატორების პარალელურად შეერთებისას?
- როგორ გამოითვლება პარალელურად შეერთებული ორი კონდენსატორის ტევადობა?
- როგორ უნდა შევაერთო კონდენსატორები დიდი ტევადობის სისტემის მისაღებად?
- მუდმივი ძაბვისას, როდისაა კონდენსატორთა მოცემული ნაკრების ბატარეის ენერგია უდიდესი?
- მოიძიეთ ინფორმაცია, რომელ მოწყობილობებში გამოიყენებენ კონდენსატორით დაგროვილ ელექტრულ ენერგიას?
- როგორ წარმოაჩენ მიღებულ შედეგებს ნაშრომის პრეზენტაციისას?

აქტივობა 9.

ამოცანები სახელმძღვანელოდან # 18, # 19, #20.

კომპლექსური დავალების პრეზენტაციის პროცესში მასწავლებლის მიერ დასმული შეკითხვები კონკრეტულ მოსწავლესთან ინდივიდუალური მუშაობის საწარმოებლად

- აღწერე, როგორ წარიმართა დავალებაზე მუშაობის პროცესი;
- აღწერე, რა პროდუქტი შექმენი;
- რითი ჰგავს, ან განსხვავდება შენს მიერ შექმნილი პროდუქტი შენი თანაკლასელებისას?
- რა ხელსაწყოები და ნივთები გამოიყენე ლეიდენის ქილის შექმნის პროცესში?
- რას შეცვლიდი დავალებაზე თავიდან რომ იწყებდე მუშაობას?
- როგორ დაგეხმარა ლეიდენის ქილის შექმნა სახელმძღვანელოში მოცემული პარაგრაფების შინაარსის გააზრებაში?

დანართი გამოიყენება იმის გასაანალიზებლად, თუ რამდენად ღრმად გაიაზრა მოსწავლემ შესასწავლი საკითხი. ამაში გვეხმარება **ეროვნული სასწავლო გეგმის შედეგების მიღწევის ტაქსონომია**. 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
პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.	მოსწავლემ ვერ გაართვა თავი დავალებას
უნიტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	მოსწავლეს აქვს ერთი იდეა მოცემულ კომპლექსურ დავალებასთან დაკავშირებით. მაგ.: მოსწავლე ხვდება, თუ როგორ უნდა დაამზადოს ლეიდენის ქილის მოდელი, თუმცა ვერ ასახელებს მის შემადგენელ კომპონენტებს და მათ დანიშნულებას.
მულტისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	მოსწავლეს აქვს დავალების შესასრულებლად საჭირო რამდენიმე იდეა, თუმცა ვერ პოულობს მიმართებებს მათ შორის. მაგ.: იცის კონდენსატორის ელექტროტევადობის ფორმულა და მისი ფიზიკური აზრი, იცის კონდენსატორის ენერგიის გამოსათვლელი ფორმულა, ელექტრულ ველში მუხტის გადაადგილებისას, მასზე შერსულებული მუშაობის განსაზღვრა თუმცა ვერ მსჯელობს კონდენსატორის განმუხტვისას ელექტრული ველის მიერ შესრულებულ მუშაობაზე/ენერგიის გარდაქმნაზე.

მიმართებითი დონე მოსწავლეს შეუძლია: • სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ფაქტებისა და მოვლენების კრიტიკულად და ურთიერთდაკავშირებულად გააზრება და გაანალიზება; • სამიზნე ცნების მკვიდრი წარმოდგენების ურთიერთდაკავშირებულად გაანალიზება; • კონკრეტულ სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული ინფორმაციის კონტექსტუალიზება (საგნის სხვა სამიზნე ცნებებთან დაკავშირება). • მიმართებითი დონეზე საკითხის/სამიზნე ცნების გააზრება ნიშნავს ეროვნული სასწავლო გეგმით განსაზღვრული შედეგის მიღწევას. თუმცა, შესაძლებელია მოსწავლე უფრო შორსაც წავიდეს, ანუ იმ განზოგადებებისკენ, რომელიც აბსტრაქტული დონისთვისაა განსაზღვრული.	მოსწავლეს აქვს დავალების შესასრულებლად საჭირო რამდენიმე იდეა და პოულობს მიმართებებს მათ შორის - ასრულებს კომპლექსურ დავალებას. მაგ.: იცის კონდენსატორის ელექტროტევადობის ფორმულა და მისი ფიზიკური აზრი, იცის კონდენსატორის ენერგიის გამოსათვლელი ფორმულა, ელექტრულ ველში მუხტის გადაადგილებისას მასზე შესრულებული მუშაობის განსაზღვრა და შეუძლია იმსჯელოს კონდენსატორის განმუხტვისას ელექტრული ველის მიერ შესრულებულ მუშაობაზე/ენერგიის გარდაქმნაზე.
აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს შეუძლია სამიზნე ცნებაზე მუშაობის პროცესში შეძენილი ცოდნისა და გამოცდილების ეროვნული სასწავლო გეგმის ზესაგნობრივ (მაკრო) ცნებებთან დაკავშირება.	მოსწავლეს აქვს დავალების შესასრულებლად საჭირო ყველა იდეა და ასრულებს დავალებას. მოსწავლეს შეუძლია განაზოგადოს დავალება, დაუკავშიროს იგი მისთვის უცნობ სიტუაციებს და გამოიყენოს საკუთარი ცოდნა მისთვის უცნობ კონტექსტში. მაგ.: მოსწავლე მსჯელობს სხვადასხვა ელექტროტექნიკაში (ფოტოაპარატში, მობილურ ტელეფონში და სხვა) კონდენსატორის გამოყენების შესახებ.

§ 1. სხეულთა დაელექტროება

გაკვეთილის თემა	სხეულთა დაელექტროება
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ზოგიერთი სხეული სხვა სხეულზე გახაზუნების შედეგად მსუბუქი სხეულების მიზიდვის შესამჩნევ უნარს იძენს. ასეთ სხეულებს დაელექტროებულს უწოდებენ. დაელექტროება ხდება სხვადასხვა ნივთიერებისაგან შედგენილი სხეულების ერთმანეთზე ხახუნისას. ერთნაირი ნივთიერებისაგან შედგენილი სხეულების ხახუნისას ისინი არ ელექტროვდებიან.
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეები გააცნობიერებენ, რომ სხეულებს შორის მსოფლიო მიზიდულობის ძალასთან ერთად შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მისგან განსხვავებული ტიპის ურთიერთქმედებას.
ესგ-შედგენი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1. ფიზ.საშ.3.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდი, ფრონტალური კითხვები, სასკოლო ცდა, მინილექცია.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ურთიერთქმედება, გრავიტაცია, დაელექტროება.
წინარე ცოდნა	ნებისმიერი ორი სხეული ურთიერთმიზიდება ძალით, რომელიც პირდაპირპროპორციულია მათი მასების ნამრავლისა და უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის კვადრატის: $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2},$ რომელშიც $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნ} \cdot \text{მ}^2 / \text{კგ}^2$.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1 მასწავლებელი გააცნობს მოსწავლეებს პირველი კომპლექსური დავალების პირობას და სთავაზობს მისი წარმოდგენის ფორმას პოსტერის სახით. მასწავლებელი უსვამს მოსწავლეებს კომპლექსური დავალების გასააზრებლად გათვალისწინებულ კითხვებს და მას შემდეგ რაც გააცნობს პოსტერის და მოდელის შექმნის ინსტრუქციას, კითხვებით ამოწმებს ამ საკითხების გააზრების სისწორეს. აქტივობა 2. ინტერაქტიური შეკითხვებით მასწავლებელი ააქტიურებს მოსწავლის მიერ მე-9 კლასში მიღებულ ცოდნას შეკითხვებით: რაში მდგომარეობს მსოფლიო მიზიდულობის კანონი? როგორაა გრავიტაციული ძალა დამოკიდებული სხეულთა მასებზე? როგორ გამოვლნდება ეს ძალა დედამიწის პირობებში? მოქმედებს თუ არა გრავიტაციული მიზიდულობის ძალა მოლეკულებს შორის? მასწავლებელი, საჭიროების შემთხვევაში, აზუსტებს პასუხებს. მიზანი: არსებული ცოდნის გააქტიურება. აქტივობა 3. მასწავლებელი იღებს რეზინის ზონარს, ჭიმავს მას და სვამს კითხვებს: რა ძალა აღიძვრა ზონარში? როგორ

	შეიცვალა მანძილი მის მოლეკულებს შორის? როგორ შეიცვალა გრავიტაციული მიზიდულობა მოლეკულებს შორის ამ დროს? რატომაა გამორიცხული, რომ დრეკადობის ძალა გრავიტაციული ბუნების იყოს? რა დასკვნას გამოიტანთ აქედან? მასწავლებელი საჭიროების შემთხვევაში აზუსტებს პასუხებს და ეხმარება მოსწავლეებს გამოიტანონ დასკვნა: მოლეკულებს შორის მხოლოდ გრავიტაციული ძალები არ მოქმედებს. მასწავლებელი მოსწავლეებს ესაუბრება ბუნებაში არსებული ოთხი ურთიერთქმედების შესახებ. მიზანი: ლოგიკური დასკვნის გამოტანა. აქტივობა. 4. ცდები გაბერილი ბუშტების გამოყენებით. გახახუნებამდე ბუშტების ურთიერთქმედება არც ერთმანეთთან და არც სხვა სხეულთან არ შეიმჩნევა. ბუშტების ტანსაცმელთან გახახუნების შემდეგ ისინი ერთმანეთს განიზიდავს. ე.ი. გახახუნების შემდეგ ბუშტები ურთიერთქმედების ძლიერ უნარს იძენს. ასეთ სხეულებს დაელექტროვებულს ვუწოდებთ, ბუშტების ერთმანეთზე ხახუნისას დაელექტროება არ ხდება. მასწავლებელი სვამს I კომპლექსური დავალების ეტაპი II-ის, აქტივობა 1-ის დამხმარე კითხვებს. მიზანი: მოსწავლეები ასკვნიან: სხეულების დაელექტროება ხდება სხვადასხვა ნივთიერებისაგან შედგენილი სხეულების ერთმანეთზე ხახუნისას. ერთნაირი ნივთიერებისაგან შედგენილი სხეულების ხახუნისას ისინი არ ელექტროვდებიან. აქტივობა 5. მშრალი მინის ღერო გავახახუნოთ რეზინის მილზე. ორივე მათგანი მიიზიდავს ქაღალდის მსუბუქ ნაკუწებს, ე.ი. ორივე დაელექტროვდა. მიზანი: მოსწავლეები ასკვნიან: ორი სხეულის ერთმანეთზე ხახუნის შედეგად, თუ ერთი დაელექტროვდა, აუცილებლად დაელექტროვდება მეორეც. აქტივობა 6. შეჯამება. მოსწავლეები აერთიანებენ არსებულ და შეძენილ ცოდნას. ზოგიერთი მათგანი აჯამებს მას, ზოგიერთიც ავსებს, განავრცობს. მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეების ჩართულობას, ახდენს მათ შეფასებას.
რესურსები	სახელმძღვანელო, რეზინის ზონარი, რეზინის გაბერილი 2-3 ბუშტი, მინის ღერო, პლასტმასის მილის ნაკერი.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 1 სახელმძღვანელოდან, საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან განსხვავება დაელექტროვებულ და არადაელექტროვებულ სხეულებს შორის.

§ 2. ელექტრული მუხტი. ელექტრული ურთიერთქმედება

გაკვეთილის თემა	ელექტრული მუხტი. ელექტრული ურთიერთქმედება
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ელექტრული მუხტი არის სკალარული ფიზიკური სიდიდე, რომელიც განსაზღვრავს დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების სიძლიერეს; არსებობს ორი ნიშნის ელექტრული მუხტი: დადებითი და უარყოფითი; მუხტი, რომელსაც იძენს მინა აბრეშუმზე ხახუნისას, პირობითად დადებითადაა მიჩნეული; მუხტი, რომელსაც იძენს ქარვა შალზე ხახუნისას, პირობითად უარყოფითადაა მიჩნეული; როდესაც ხახუნის შედეგად ერთ სხეულზე ჩნდება გარკვეული მუხტი, იმავდროულად მეორე სხეულზეც ჩნდება იმავე სიდიდის საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტი. ელექტრული ურთიერთქმედება არის ერთნაირნიშნიანი დამუხტული სხეულების განზიდვა და სხვადასხვანიშნიანი დამუხტული სხეულების მიზიდვა. სხეული შეიძლება არსებობდეს მუხტის გარეშე, მაგრამ ელექტრული მუხტი არ არსებობს სხეულის გარეშე.
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეები მიდიან დასკვნამდე, რომ ა) ელექტრულ მუხტი არსებობს განსხვავებული ნიშნის: დადებითი და უარყოფითი; ბ) ერთნიშნიანი მუხტები განიზიდებიან, სხვადასხვანიშნიანი – მიიზიდებიან; გ) მოდულით ტოლი და ნიშნით საპირისპირო მუხტების ჯამი ნულის ტოლია. დ) ელექტროსკოპით შესაძლებელია დავადგინოთ დამუხტულია თუ არა სხეული.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	სასკოლო ცდა, მინილექცია. ხარაჩოს მეთოდი, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ელექტრული მუხტი, ერთნიშნიანი და სხვადასხვანიშნიანი მუხტები, დადებითი და უარყოფითი მუხტი, განეიტრალება, ელექტრული ურთიერთქმედება, ელექტროსკოპი, ელექტრომეტრი.
წინარე ცოდნა	სხეულთა ხახუნით დაელექტროება. დაელექტროებულ სხეულთა ურთიერთქმედების განსხვავება არადაელექტროებულთა ურთიერთქმედებისაგან.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. სასკოლო ცდა დაელექტროებულ სხეულთა ურთიერთქმედების საილუსტრაციოდ – ერთმანეთზე გახახუნების შემდეგ მინის ჯოხი იზიდავს პლასტმასის მილს, ორი დაელექტროებული მინის ჯოხი კი ერთმანეთს განიზიდავს. დამუხტულ სხეულებს შორის მიზიდვის და განზიდვის არსებობა ამტკიცებს მუხტის ორ სახეს. ელექტრული ურთიერთქმედება არის

	ერთნაირნიშნის დამუხტული სხეულების განზიდვა და სხვადასხვანიშნის დამუხტული სხეულების მიზიდვა. კითხვა: რა შედეგს მივიღებდით ყველა მუხტს ერთი ნიშანი რომ ჰქონოდა? მასწავლებელი სვამს I კომპლექსური დავალების ეტაპი II-ის, აქტივობა 2-ის დამხმარე კითხვებს. მიზანი: ორი სახის მუხტის არსებობის დასაბუთება. აქტივობა 2. მინილექცია. ელექტრული ურთიერთქმედების სიმძლიერის აღსაწერად დამუხტული სხეულის მახასიათებელი სიდიდის – მუხტის შემოტანა (გრავიტაციული მიზიდულობისა და მასებს შორის კავშირის ანალოგიურად). სხეულს შესაძლებელია მუხტი არ ჰქონდეს. კითხვა: არის თუ არა შესაძლებელი მუხტი გვქონდეს სხეულის გარეშე? მიზანი: ელექტრული მუხტის ცნების შემოტანა. აქტივობა 3. საილუსტრაციო ცდა: ერთმანეთზე გახახუნებული მინის ღერო და რეზინის მილი ერთმანეთს მივადოთ და მივიტანოთ შტატივზე დაკიდებულ მსუბუქ მასრასთან ან ქაღალდის ნაკუწებთან. ქმედება არ შეიმჩნევა. ე.ი მინის ღერომ და რეზინის მილმა ერთმანეთზე ხახუნისას შეიძინეს მოდულით ტოლი და ნიშნით საპირისპირო მუხტი. შეხების შემდეგ კი მუხტებმა ერთმანეთი გაანეიტრალა. მასისაგან განსხვავებით მუხტს ორი ნიშანი აქვს, ე.ი. მუხტი სკალარული ალგებრული სიდიდეა. დიუფეს კლასიფიკაციით, რომელ მუხტს მივიჩნევთ დადებითად და რომელს უარყოფითად, პირობითია. კითხვა: შეიცვლებოდა თუ არა რაიმე მოვლენების აღწერისას, მინის მიღებული მუხტი აბრეშუმზე ხახუნისას უარყოფითად რომ მიგვეჩნია, ხოლო ებონიტის მუხტი შალზე ხახუნისას – დადებითად? მიზანი: მუხტთა ალგებრული კრებადობის გააზრება. აქტივობა 4. ელექტროსკოპის და მისი მოქმედების პრინციპის აღწერა. ელექტროსკოპის ფურცლების გაშლის კუთხის მიხედვით შეიძლება მისი ღეროს მიღებული მუხტის სიდიდეზე მსჯელობა. კითხვა: აქვს თუ არა მნიშვნელობა ელექტროსკოპზე გადაცემული მუხტის ნიშანს ფურცლების გაშლისათვის? მასწავლებელი ავალებს მოსწავლეებს პარაგრაფში მოცემული ინსტრუქციის მიხედვით ელექტროსკოპის დამზადებას. მიზანი: სხეულის მუხტის აღმოჩენა ხელსაწყოთა გამოყენებით. აქტივობა 5. შეჯამება. მოსწავლეები მსჯელობენ ორგვარ
--	--

	ელექტრობაზე, მუხტის ნიშანზე და მუხტების ურთიერთქმედებაზე, გრავიტაციული ურთიერთქმედებისაგან განსხვავებულობაზე მუხტების კრებადობაზე. მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეების მსჯელობას, შეაქვს კორექტივები, ეხმარება მოსწავლეებს ცოდნის კონსტრუირებაში, ახდენს მათ შეფასებას.
რესურსები	სახელმძღვანელო, მინის ღერო, პლასტმასის მილის ნაჭერი, აბრეშუმის და შალის ქსოვილები, შტატივი, ელექტროსკოპი.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 2 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფის საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან, რა არის ელექტრული მუხტი, მისი ორი ნიშანი. მუხტის ნიშნის პირობითობა. მუხტების ურთიერთქმედების თავისებურება. მუხტის კრებადობა, განეიტრალება, მუხტის ხელსაწყოთი აღმოჩენა.

საკონტროლო კითხვების პასუხები

1. იმ ელექტრობის მიხედვით, როგორსაც იღებდა ხახუნის შედეგად მინა (ე.წ. მინის ჯგუფი) და ქარვა (ე. წ. ქარვის ჯგუფი).
2. დიუფეს ერთ ჯგუფში შემავალი ნივთიერებები ერთმანეთთან ხახუნით არ იმუხტებიან, ამიტომ მათი ამ ხერხით დამუხტვა შეუძლებელია.
3. ელექტრული მუხტი სხეულის (ნაწილაკის) გარეშე არ არსებობს. დამუხტავი სხეული კი ჩვენ ირგვლივ მრავალია.
4. დამუხტული სხეულები მიიზიდებიან ან განიზიდებიან, ამიტომ ელექტრული მუხტი ორი ნიშნის უნდა იყოს. ყველა მუხტი ერთი ნიშნისა რომ იყოს, ურთიერთქმედებაც ერთი სახის იქნებოდა.
5. ერთნიშნის მუხტის მქონე სხეულები ერთმანეთისაგან განიზიდებიან.

§ 3. ელექტრული მუხტები ატომში. ელემენტარული მუხტი

გაკვეთილის თემა	ელექტრული მუხტები ატომში. ელემენტარული მუხტი
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ნივთიერების შემადგენელი ატომები შედგება ელემენტარული ნაწილაკებისაგან—ელექტრონების, პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან. ელექტრონი უარყოფითად დამუხტული ელემენტარული ნაწილაკია, პროტონი – დადებითად დამუხტული, ნეიტრონი კი უმუხტო ნაწილაკია; ატომი შედგება დადებითად დამუხტული ბირთვისაგან, რომელშიც პროტონები და ნეიტრონებია მოთავსებული, ბირთვის გარშემო კი ბრუნავს ერთი ან რამდენიმე ელექტრონი; ელექტრონისა და პროტონის მუხტი მოდულით ტოლია და ნიშნით საპირისპირო: ელექტრონის მუხტი $q_{ელ} = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}, \text{ პროტონის მუხტი } q_{პრ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}.$ შეუძლებელია ელექტრონს ან პროტონს მოვაცილოთ მუხტი ან მისი ნაწილი. $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$ უმცირესი (ელემენტარული) მუხტის მნიშვნელობაა; ელექტრულად ნეიტრალურ ატომში პროტონებისა და ელექტრონების რაოდენობა ტოლია. ატომმა შესაძლებელია დაკარგოს ან მიიერთოს ერთი ან რამდენიმე ელექტრონი, შესაბამისად, ის გარდაიქმნება დადებით ან უარყოფით იონად; უარყოფითად დამუხტული სხეულში ელექტრონების რაოდენობა პროტონების რაოდენობას სჭარბობს, დადებითად დამუხტული სხეულში კი პროტონების რაოდენობა— ელექტრონების რაოდენობას; ნებისმიერი მუხტი ელემენტარული მუხტის ჯერადია, მუხტი დისკრეტულია (წყვეტილია). სხეულის მუხტი $q = N \cdot e$, რომელშიც N მთელი რიცხვია.
გაკვეთილის მიზანი	გაკვეთილის ბოლოს მოსწავლეები მიდიან დასკვნამდე, რომ ატომი არ არის ნივთიერების განუყოფელი ნაწილაკი. შეექმნებათ წარმოდგენა ატომის აგებულების, მისი შემადგენელი ელემენტარული ნაწილაკების და ელემენტარული მუხტის შესახებ. ახსნიან სხეულის დამუხტვისა და მუხტის გადაცემის მექანიზმს.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	სასკ მინილექცია. ხარაჩოს მეთოდი, ფრონალური კითხვები,
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ელექტრონი, პროტონი, ნეიტრონი, ელემენტარული ნაწილაკი, ელემენტარული მუხტი, ბირთვული ძალა, თავისუფალი ელექტრონი, დადებითი იონი, უარყოფითი

	იონი, ატომის ბირთვი, მუხტის დისკრეტულობა.
წინარე ცოდნა	სხეულთა დაელექტროება. დადებითი და უარყოფითი მუხტი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მინილექცია. ტომსონის მიერ ელექტრონის აღმოჩენა და ატომის „განუყოფელობის“ მოსაზრების უარყოფა. ტომსონის ატომის მოდელის გაცნობა. რამდენად შეესაბამებოდა ატომის ეს მოდელი სინამდვილეს? საჭირო იყო თუ არა მისი გადამოწმება? რეზერფორდის მიერ მისი ექსპერიმენტების საფუძველზე ატომის ახალი პლანეტარული მოდელის შექმნა. ამ მოდელის მიხედვით ატომის მთელი დადებითი მუხტი და თითქმის მთელი მასა კონცენტრირებულია მის ძალიან მცირე ნაწილში, რომელსაც ბირთვი უწოდეს. ბირთვის გარშემო ბრუნავს ერთი ან რამდენიმე ელექტრონი. პროტონისა და ნეიტრონის აღმოჩენის შემდეგ შეიქმნა ატომის ბირთვის პროტონულ-ნეიტრონული მოდელი, რომლის მიხედვით ბირთვი ელექტრონებთან შედარებით ბევრად მძიმე პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან შედგება. ბირთვის მდგრადობას უზრუნველყოფს მის ნაწილაკებს შორის მოქმედი ბირთვული ძალა, რომელიც ბირთვის ზომის რიგის მანძილზე პროტონებს შორის ელექტრული განზიდვის ძალაზე ბევრად დიდია. ელექტრონები პროტონები და ნეიტრონები ელემენტარული ნაწილაკებია, ისინი ატომის ყველაზე მცირე სამშენებელი „აგურებია“. მიზანი: ატომის რთული შედგენილობის დასაბუთება და მისი შედგენილობის აღწერა. აქტივობა 2. მინილექცია. ფრონტალური კითხვები. ელექტრონი უარყოფითად დამუხტული ელემენტარული ნაწილაკია, პროტონი – დადებითად დამუხტული, ნეიტრონი კი უმუხტო ნაწილაკია. პროტონისა და ელექტრონის მუხტი მოდულით ტოლია. როგორი თანაფარდობით შეიცავს მათ ატომი? რომელ ნაწილაკს აქვს უფრო მეტი შესაძლებლობა, რომ ატომი დატოვოს? რატომ? რა ნიშნის იქნება ატომის მუხტი, თუ მას ელექტრონი(ები) დატოვებს? ასეთ ატომს დადებით იონს უწოდებენ. რა ნიშნის იქნება ატომის მუხტი, თუ ის ელექტრონს(ებს) მიიერთებს? ასეთ ატომს უარყოფით იონს უწოდებენ. ელექტრულად ნეიტრალურ სხეულში ყველა ელექტრონის ჯამური უარყოფითი მუხტი მოდულით ყველა პროტონის ჯამური დადებითი მუხტის ტოლია. თუ სხეული ელექტრონებს დაკარგავს, მაშინ მათი რაოდენობა ნაკლები აღმოჩნდება პროტონების რაოდენობაზე და სხეული დადებითად იქნება დამუხტული, ხოლო, თუ ელექტრონებს შეიძენს – უარყოფითად. როგორ იმუხტება სხვადასხვა

	ნივთიერებისაგან შემდგარი სხეულები ხახუნისას? მიზანი: იონის წარმოქმნისა და დაელექტროებული სხეულის რაობის ახსნა. აქტივობა 3. მინილექცია. მილიკენის ცდის მნიშვნელობა, მისი მოკლე აღწერა. ამ ცდის მეშვეობით მილიკენმა აჩვენა, რომ მუხტი დისკრეტულ მნიშვნელობებს იღებს და ის ყოველთვის მხოლოდ ერთი და იგივე მუხტის ($1,6 \cdot 10^{-19}$ კ-ის) ჯერადია. ამით მილიკენმა ელექტრონის მუხტის მნიშვნელობა დაადგინა: $e = -1.6 \cdot 10^{-19}$ კ. პროტონი მუხტი მოდულით ელექტრონის მუხტის ტოლია: $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ კ. მუხტი, რომელსაც ელექტრონი და პროტონი ატარებს, ელემენტარულია. ის მინიმალური მუხტია და ყველა სხეულის მუხტი ამ მუხტის ჯერადია: $q = N e$, რომელშიც N მთელი რიცხვია. მიზანი: ელემენტარული მუხტის და მუხტის დისკრეტულობის გააზრება. აქტივობა 4. შეჯამება. რესურს 3-ზე დაყრდნობით მოსწავლეები მუშაობენ ვირტუალურ ლაბორატორიაში: ეცნობიან ატომის მოდელს, ატომში შემავალ ელემენტარულ ნაწილაკებს, ქმნიან სხვადასხვა ელემენტების ატომებს და იონებს. მოსწავლეები მსჯელობენ ელექტრონებზე, პროტონებზე, მათ მუხტზე, ატომისა და ატომის ბირთვის აგებულებაზე. მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეების მსჯელობას, აზუსტებს მათ დასკვნებს, შეაქვს კორექტივები, ეხმარება მოსწავლეებს ცოდნის კონსტრუირებაში, ახდენს მათ შეფასებას. აქტივობა 5. მოსწავლეები საკუთარი ელექტროსკოპით ატარებენ კომპლექსური დავალების ეტაპი II-ის, ნაბიჯი I-ის, აქტივობა 4-ში აღწერილ ცდას და პასუხობენ აქტივობაში დასმულ შეკითხვას.
რესურსები	სახელმძღვანელო
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 3 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფის საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან ატომში შემავალი ელემენტარული ნაწილაკები, მათი მუხტის მნიშვნელობა, ატომის აგებულება, ბირთვი, პლანეტარული მოდელი, ატომის იონად გადაქცევა. მუხტის დისკრეტულობა, ელემენტარული მუხტი.

საკონტროლო კითხვების პასუხები

1. ამ ნაწილაკებს ელემენტარულ ნაწილაკებს იმიტომ უწოდებენ, რომ მათი დაშლა შემადგენელ ნაწილებად პრაქტიკულად შეუძლებელია.
2. მსგავსება: ატომის შედგენილობაში ორივე ნიშნის მუხტია, რომლებიც მოდულით ტოლია და ატომი ელექტრონეიტრალურია. განსხვავება: ტომსონის მიხედვით ატომის დადებითი მუხტი და მასა მის მთელ მოცულობაში თანაბრადაა განაწილებული, ხოლო ელექტრონები მასში ქაოტურად არის მიმოფანტული. რეზერფორდის მიხედვით კი ატომის დადებითი მუხტი და მასა მის მცირე არეში—ბირთვშია თავმოყრილი, ხოლო ელექტრონები მოძრაობს მის გარშემო. ატომის მოცულობის უდიდეს ნაწილში ნივთიერი სიცარიელეა.
3. ელექტრონები იმ სხეულს ტოვებს, რომელშიც ისინი ბირთვის მიერ უფრო ნაკლები ძალით მიიზიდება. ელექტრონები იმ სხეულზე გადადის, რომელშიც ისინი ბირთვის მიერ უფრო დიდი ძალით მიიზიდება.
4. პირველი სხეული შეიძენს დადებით მუხტს, მეორე—უარყოფითს.
5. ელექტრულ მუხტს შეუძლია მიიღოს მხოლოდ ერთი გარკვეული მუხტის (ელემენტარული მუხტის) ჯერადი მნიშვნელობა.
6. $1,6 \cdot 10^{-19}$ კ ელექტრონის მუხტის მოდულია. სხეული იმუხტება მასზე ელექტრონების გადასვლის ან მის მიერ ელექტრონების დაკარგვის შედეგად, ამიტომ ყველა სხეულის მუხტი ამ მინიმალური მუხტის ჯერადია.
7. სხეულის ელექტრონეიტრალობა მასში ელექტრონებისა და პროტონების ტოლი რაოდენობით შემცველობას ნიშნავს და არა იმას, რომ სხეულში დამუხტული ნაწილაკები არ არის.

ამოცანების ამოხსნა

- 3.1 მუხტი სკალარული სიდიდეა. მისი მნიშვნელობა შესაძლებელია იყოს დადებითიც და უარყოფითიც.
- 3.2 ატომში პროტონებისა და ელექტრონების რაოდენობა ერთნაირია, ამიტომ ჯამური მუხტი ნულია.
- 3.3 ატომში პროტონებისა და ელექტრონების რაოდენობა ერთნაირია. ბირთვი შეიცავს ოთხ პროტონს.
- 3.4 $q = q_p \cdot n = 6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,6 \cdot 10^{-19}$ კ
- 3.5 არა რადგან უმცირესი მუხტი ელემენტარული მუხტის ტოლია.
- 3.6 არა რადგან ელემენტარული მუხტის ჯერადი არაა.
- 3.7 $q = q_e \cdot n = 3 \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19})$ კ $= -4,8 \cdot 10^{-19}$ კ
- 3.8 $q = q_p \cdot n = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ კ $= 3,2 \cdot 10^{-19}$ კ $m = 4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}$ კგ $= 6,68 \cdot 10^{-27}$ კგ
- 3.9 $q_1 = q_p \cdot n = 10^8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ კ $= 1,6 \cdot 10^{-11}$ კ
 $q_2 = q_e \cdot n = 10^8 \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19})$ კ $= -1,6 \cdot 10^{-11}$ კ
ჯამური მუხტი არ შეცვლილა.
- 3.10 $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ კგ $= 23,38 \cdot 10^{-27}$ კგ
 $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ კგ $= 63,7 \cdot 10^{-31}$ კგ $\frac{m_p}{m_e} \approx 3670$

§ 4. გამტარები და იზოლატორები

გაკვეთილის თემა	ელექტრული მუხტები ატომში. ელემენტარული მუხტი.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ნივთიერებებს, რომლებიც ელექტრულ მუხტს არ ატარებს არაგამტარები ანუ იზოლატორები (დიელექტრიკები) ეწოდება; ნივთიერებებს, რომლებიც ელექტრულ მუხტს ატარებს გამტარები ეწოდება; ლითონები კარგი გამტარებია; ლითონის ატომს სცილდება ერთი ან რამდენიმე ელექტრონი, რომელიც მოძრაობს ლითონის შიგნით. მას თავისუფალ ელექტრონს უწოდებენ. თავისუფალი ელექტრონების ერთობლიობას „ელექტრონულ აირს“ უწოდებენ; ლითონის კრისტალურს ქმნის დადებითი იონები, ხოლო მათ შორის სივრცე შევსებულია ელექტრონული აირით.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებს წარმოდგენა შეეძენათ ნივთიერების ელექტრული გამტარობის შესახებ, ერთმანეთისაგან განასხვავონ გამტარები და არაგამტარები (იზოლატორები). გაიაზრონ მუხტის გადატანის მექანიზმი ერთი სხეულიდან მეორეზე.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ექსპერიმენტი, მინილექცია, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	გამტარი, არაგამტარი, იზოლატორი, დიელექტრიკი, ნახევარგამტარი, თავისუფალი ელექტრონი, ელექტრონული აირი.
წინარე ცოდნა	სხეულთა დაელექტროება. დადებითი და უარყოფითი მუხტი. ატომი. ელექტრონი. იონი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. საკლასო ცდა: დამუხტული და დაუმუხტავი ელექტრომეტრების რეზინის, მიწის, ებონიტის ღეროებით შეერთებისას ელექტრული მუხტი დაუმუხტავ ელექტრომეტრს არ გადაეცემა. ლითონის ღეროთი შეერთებისას გადაეცემა. ნივთიერებებს, რომლებიც ელექტრულ მუხტს ატარებს გამტარებს უწოდებენ, რომლებიც არ ატარებს – არაგამტარებს(იზოლატორებს ან დიელექტრიკებს). რესურს 4-ზე დაყრდნობით ეცნობიან ლითონებისა და დიელექტრიკების აგებულებას და პასუხობენ შესაბამის კითხვებს. მიზანი: მუხტის გატარების მიხედვით ნივთიერებათა კლასიფიკაცია, იზოლატორების გამოყენება. აქტივობა 2. მინილექცია. ატომის აგებულების ცოდნა საშუალებას გვაძლევს ავხსნათ დიელექტრიკებისა და გამტარების არსებობა. ატომებში ელექტრონები ბირთვიდან სხვადასხვა მანძილითაა დაშორებული. რაც უფრო დაშორებულია ელექტრონი ბირთვიდან, მით ნაკლები ძალით მიიზიდება ბირთვის მიერ. განსაკუთრებით სუსტია

	ყველაზე მეტად დაშორებული ელექტრონების მიზიდვა ლითონებში. ამიტომ მის ყველა ატომს სცილდება ერთი ან რამდენიმე ელექტრონი, რომლებიც იწყებს თავისუფალ სითბურ მოძრაობას ლითონის შიგნით. მათ თავისუფალი ელექტრონებს უწოდებენ. ლითონებში მუხტი სწორედ თავისუფალ ელექტრონებს გადააქვს, რომლებიც იწყებენ მიმართულ მოძრაობას უარყოფითად დამუხტული სხეულიდან დადებითად დამუხტული სხეულისკენ. გამტარებისგან განსხვავებით, დიელექტრიკებში ელექტრონებსა და ატომბირთვს შორის მიზიდულობა ძლიერია, ამიტომ მათში თავისუფალი დამუხტული ნაწილაკების რაოდენობა მცირეა, რაც მუხტის გადასატანად საკმარისი არ არის. ელექტრონი მუხტის გადამტანი ერთადერთი ნაწილაკი არ არის: მაგალითად, მარილის წყალხსნარში მუხტი იონებს გადააქვს. ნახევარგამტარს, მუხტის გადატანის კუთხით, გამტარებსა და იზოლატორებს შორის შუალედური პოზიცია უჭირავთ, თუმცა ის ტემპერატურის ცვლილებით იცვლება. მიზანი: მუხტის გადატანის მექანიზმის აღწერა გამტარებში. არაგამტარობის მიზეზის ახსნა. აქტივობა 3. ახალი მასალის გააზრების შემოწმება კითხვებით. პარაგრაფის ბოლოს მოცემული ამოცანების ნაწილის განხილვა. აქტივობა 4. შეჯამება. მოსწავლეები მსჯელობენ გამტარებსა და არაგამტარებზე, თავისუფალ ელექტრონებზე, მათი მეშვეობით მუხტის გადატანაზე, არაგამტარობის მიზეზებზე. მასწავლებელი აკვირდება მათ მსჯელობას, შეაქვს კორექტივები, ეხმარება მოსწავლეებს ცოდნის კონსტრუირებაში, ახდენს მათ შეფასებას.
რესურსები	ორი ელექტრომეტრი (შეიძლება მოსწავლეების დამზადებული ორი ელექტროსკოპის გამოყენება), მინის ან პლასტმასის, ლითონის ღეროები, სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 4 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფის საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. პარაგრაფის შესაბამისი ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეები განასხვავებენ გამტარებსა და არაგამტარებს. ხსნიან ლითონებში მუხტის გადატანის მექანიზმს, იზოლატორების არგამტარობის მიზეზებს.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. ელექტრული მუხტი დამუხტული ელექტრომეტრიდან ჩვენს სხეულზე რომ არ გადმოვიდეს და მხოლოდ დაუმუხტავ ელექტრომეტრზე გადავიდეს.
2. ელექტრონს, რომელზეც სხვა დამუხტული ნაწილაკების ზემოქმედება მინიმალურია. ხშირად თავისუფალს უწოდებენ ელექტრონს, რომელიც ატომს ტოვებს.
3. ლითონის ატომის ბირთვი მისგან ყველაზე დაშორებულ ელექტრონებს ბევრად ნაკლები ძალით მიიზიდავს, ვიდრე იზოლატორის ბირთვი. ამიტომ ლითონში ბევრად მეტი რაოდენობის ატომი კარგავს ელექტრონს, ვიდრე – იზოლატორში.
4. გამტარ ხსნარებში ელექტრული მუხტი იონებს გადააქვს.
5. იდეალურს ვუწოდებდით დიელექტრიკს, რომელშიც არც ერთი თავისუფალი ელექტრონი არ იქნებოდა.
6. ვინაიდან გაცხელებისას ნახევარგამტარი გამტარად იქცევა, ეს ნიშნავს, რომ მასში თავისუფალი ელექტრონების რიცხვი მატულობს. ლოგიკურია ვიფიქროთ, რომ ძლიერი გაცივებისას თავისუფალი ელექტრონების რიცხვი მოიკლებს და ის იზოლატორად გადაიქცევა.

ამოცანების ამოხსნა:

- 4.1 უმნიშვნელოდ შემცირდება, რადგან პლასტმასი იზოლატორია.
- 4.2 ძალიან მცირედით შემცირდება მისი მუხტი, რადგან მინა იზოლატორია.
- 4.3 ბურთულაზე ჩვენგან გადავა ელექტრონები. მასა გაიზრდება.
- 4.4 კი, რადგან ებონიტი იზოლატორია.
- 4.5 შესაძლებელია. მაგალითად: ჭექა-ქუხილი.
- 4.6 ჰაერში არსებული ნაწილაკები შეხებისას ართმევენ მუხტს.
- 4.7 პლასტმასის სავარცხელი იმუხტება და იზიდავს თმას. ალუმინის სავარცხელი არ დაიტოვებს მუხტს.
- 4.8 ხახუნის შედეგად, რომ არ დაგროვდეს მუხტი და არ მოხდეს ნაპერწკლის წარმოქმნა.
- 4.9 არა, რადგან წყალი გამტარია.
- 4.10 ელექტრომეტრი დაკარგავს ფუნქციას, რადგან მინა იზოლატორია.

§ 5. ელექტრული მუხტის შენახვის კანონი. სხეულთა დაელექტროების ხერხები

გაკვეთილის თემა	ელექტრული მუხტის შენახვის კანონი. სხეულთა დაელექტროების ხერხები.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	სხეულთა დამუხტვის პროცესში ელექტრონები არც წარმოიქმნება და არც ქრება, ისინი მხოლოდ სხეულებს შორის საერთო რაოდენობის შეუცვლელად გადანაწილდება; ელექტრულად ჩაკეტილ სისტემაში ყველა სხეულის ელექტრული მუხტების ალგებრული ჯამი ნებისმიერი ურთიერთქმედების დროს მუდმივია: $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const;$ სხვა დამუხტული სხეულის მოქმედებით სხეულში მუხტების გადანაწილებას გავლენით დაელექტროება ეწოდება; სხეულთა დაელექტროება შეიძლება ხახუნით, გავლენით, შეხებით, დასხივებით და სხვა.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა გაიაზრონ მუხტის შენახვის კანონის არსი, ხახუნით და გავლენით დაელექტროების მექანიზმებს შორის სხვაობა. გაეცნონ დაელექტროების სხვა ხერხებსაც.
ესგ-შედგენი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ცდა, ფრონტალური კითხვები, ამოცანების ამოხსნა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	მუხტის შენახვა, ხახუნით, გავლენით, ელექტროგამტარობით და დასხივებით დაელექტროება.
წინარე ცოდნა	ელექტრული მუხტები ატომში. თავისუფალი ელექტრონი. იონი.
აქტივობები/დრო/ორ განიხილვის ფორმები	აქტივობა 1. მასწავლებელი სვამს კითხვებს ატომის აგებულების, თავისუფალი ელექტრონების შესახებ: რა შემთხვევაში მიიღება დადებითი იონი? უარყოფითი იონი?რა მოხდება, ნეიტრალური სხეულის მიერ ელექტრონების დაკარგვისას? მათი შეძენისას? შეიცვლება თუ არა ორი ნეიტრალური სხეულის ხახუნისას მათში დამუხტული ნაწილაკების თავდაპირველი რაოდენობა. მიზანი: წინარე ცოდნის გააქტიურება. აქტივობა 2. მასწავლებელი აკვირდება მოსწავლეების პასუხს, ახდენს მათ დაზუსტებას და მიზანმიმართულად მიჰყავს ისინი დასკვნამდე, რომ სხეულების ელექტრული მუხტების ალგებრული ჯამი მუდმივია. მიზანი: თემის ინიცირება.

	აქტივობა 3. მასწავლებელი ახსენებს მოსწავლეებს სხეულთა ჩაკეტილ სისტემას მექანიკიდან და უსვამს კითხვას: რა პირობას უნდა აკმაყოფილებდეს სხეულები, რომ მათი ჯამური მუხტი არ შეიცვალოს? მოსწავლეები ლოგიკურად მიდიან ელექტრულად ჩაკეტილი სისტემის ცნებამდე და მასწავლებლის დახმარებით აყალიბებენ მუხტის შენახვის კანონს. მასწავლებელს მოჰყავს მარტივი ამოცანა ლითონის ორ ერთნაირ ბურთულას შორის მუხტების განაწილებაზე. მასწავლებელი ხაზს უსვამს, რომ მუხტის შენახვის კანონის შესრულება ჩაკეტილ სისტემაში შემავალი დამუხტული ნაწილაკების შენახვას ნიშნავს. მასწავლებელს შეუძლია ისეთ პროცესებზეც ისაუბროს, როდესაც ადგილი აქვს ნაწილაკების წარმოქმნა-გარდაქმნას და ხაზი გაუსვას, რომ ამ პროცესებში ნაწილაკები წარმოიქმნება ან ქრება წყვილ-წყვილად მოდულით ტოლი და ნიშნით საპირისპირო მუხტებით. მიზანი: მუხტის შენახვის კანონის გააზრება. აქტივობა 4. ცდის დაგეგმვა და ჩატარება. მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად გეგმავს და ატარებს პარაგრაფში აღწერილ ცდებს ხახუნით და გავლენით დაელექტროებაზე. მასწავლებელი ყურადღებას ამახვილებს, თუ რა როლს ასრულებს დამუხტვისას მჭიდრო კონტაქტი და რომ ხახუნისას სხეულთა მჭიდრო შეხების ზედაპირის ფართობი იზრდება. მოჰყავს გავლენით დაელექტროების მაგალითი ბუნებიდან. მოსწავლეები პასუხობენ I კომპლექსური დავალების, ეტაპი II, ნაბიჯი 1-ის აქტივობა 6-ში დასმულ კითხვებს. მიზანი: ხახუნით და გავლენით დამუხტვის პროცესის აღწერა.
რესურსები	ორი ელექტროსკოპი, ლითონის ჭიქები, იზოლატორის სახელურზე დამაგრებული სანთლის ბურთულა, გამოხდილი წყალი, ლითონის მასრა, ლითონის ღერო იზოლატორის სახელურით, მინის ღერო, სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 5 სახელმძღვანელოდან. პარაგრაფში მოყვანილი მოვლენების ახსნა, საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა და შესაბამისი ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეები იციან მუხტის შენახვის კანონი და დაელექტროების ხერხები.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. სხეულთა სისტემაში გარედან არ შედის და მისგან არც გარეთ გადის დამუხტული ნაწილაკები.
2. ხახუნი მნიშვნელოვანია იმით, რომ ის მოხახუნე სხეულების შეხების ფართობს ზრდის. ამიტომ უფრო მეტი ელექტრონი ახერხებს ერთი სხეულიდან მეორეზე გადასვლას.

3. ხახუნით დაელექტროების შემდეგ სხეულთა დაცილების ბოლო მომენტში მათ შორის მცირე შეხების ფართობი რჩება. ლითონებში თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაცია დიდია და ისინი მცირე შეხების უბანზეც კი ასწრებენ ერთი სხეულიდან მეორეზე გადასვლას. დიელექტრიკების შემთხვევაში კი უბრალო შეხებით მუხტი ერთი სხეულიდან მეორეზე არ გადადის.
4. დაუმუხტავ სხეულთან დამუხტული სხეულის მიახლოებისას მასში მუხტები გავლენით გადანაწილდება: დამუხტული სხეულის საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტი მასთან უფრო ახლოს იქნება, ვიდრე თანასახელიანი, შედეგად, მიზიდვის ძალა უფრო მეტი იქნება, ვიდრე განზიდვის.

ამოცანების ამოხსნა:

- 5.1 მუხტის შენახვის კანონიდან გამომდინარე ჯამური მუხტი შეხებამდე და შეხების შემდეგაც 6 ნკ იქნება
- 5.2 რადგან ჯამური მუხტი ურთიერთქმედებამდე იყო ნული, გადანაწილების შემდეგაც ნული იქნება. მეორე სხეულის მუხტია -q.
- 5.3 რადგან ჯამური მუხტი ურთიერთქმედებამდე იყო ნული, გადანაწილების შემდეგაც ნული იქნება. მესამე სხეულის მუხტია +5 ნკ.
- 5.4 დამუხტული ბუშტის მიახლოებით მოხდება ნეიტრალური ბუშტის გავლენით დაელექტროება, რაც გამოიწვევს როგორც განზიდვის ისე მიზიდულობის ძალის აღძვრას, რომელიც მოდულით მეტი იქნება განზიდვის ძალაზე.
- 5.5 როგორც უკვე ცნობილია დამუხტული სხეული ნეიტრალურ სხეულს მიიზიდავს, ამიტომ იმის მტკიცება, რომ მასრა დადებითადაა დამუხტული არასამართლიანია.
- 5.6 ბურთულას მივუახლოვოთ მინის ღერო. დადებითად დამუხტული სხეული ბურთულაში არსებულ უარყოფით მუხტს მიიზიდავს და მის ერთ მხარეს დააგროვებს. მაგ უბანთან ხელის შეხება უარყოფითი მუხტის გარკვეულ რაოდენობის ჩვენზე გადმოსვლას გამოიწვევს. ამის შემდეგ ბურთულას ჯერ ხელი მოვაშოროთ და შემდეგ მინის ღერო. შესაბამისად ბურთულაზე ჭარბი დადებითი მუხტი აღმოჩნდება.
- 5.7 ბურთულას შევეხოთ ხელით და საპირისპირო მხრიდან მივუახლოვოთ ებონიტის ჯოხი. ბურთულადან ჩვენზე გარკვეული რაოდენობის უარყოფითი მუხტი გადმოვა. ამის შემდეგ ბურთულას ჯერ ხელი მოვაშოროთ და შემდეგ ებონიტის ჯოხი. შესაბამისად ბურთულა დადებითად დამუხტული აღმოჩნდება.
- 5.8 ელექტროსკოპი უარყოფითადაა დამუხტული, რადგან დადებითად დამუხტული სხეული ღეროსა და ფურცლებში არსებულ უარყოფით მუხტს თავისკენ მიიზიდავს. ეს ფურცლების მუხტის მოდულის შეამცირებას გამოიწვევს და ისინი ნაკლები ძალით განიზიდავენ ერთმანეთს.
- 5.9 ელექტროსკოპი დადებითადაა დამუხტული, რადგან დადებითად დამუხტული სხეული ღეროსა და ფურცლებში არსებულ უარყოფით მუხტს თავისკენ მიიზიდავს. ეს ფურცლების მუხტის მოდულის გაზრდას გამოიწვევს და ისინი მეტი ძალით განიზიდავენ ერთმანეთს.
- 5.10 ელექტრომეტრები სპილენძის სადენით მივაერთოთ ერთმანეთს. შალის ნაჭერზე გახახუნებით დავმუხტოთ ბუშტი და ერთ-ერთ ელექტრომეტრს მივუახლოვოთ. ბუშტი ელექტრომეტრებში არსებულ საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტს მიიზიდავს, ხოლო იგივე ნიშნის მუხტს განიზიდავს. ელექტრომეტრებზე აღმოჩნდებიან მოდულით ტოლი და ნიშნით განსხვავებული მუხტები.

§ 6. კულონის კანონი

გაკვეთილის თემა	კულონის კანონი
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	დამუხტულ სხეულებს, რომელთა შორის მანძილი ბევრად აღემატება მათ ზომებს, წერტილოვანი მუხტები ეწოდება; ორი უძრავი წერტილოვანი მუხტი ვაკუუმში ურთიერთქმედებს ძალებით, რომელთა მოდული პირდაპირპროპორციულია მუხტების მოდულების ნამრავლისა და უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის კვადრატის: $F = k \frac{ q_1 \cdot q_2 }{r^2}$; SI-ში პროპორციულობის k კოეფიციენტი ტოლია: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ნ} \cdot \text{მ}^2}{\text{კ}^2}$; პროპორციულობის კოეფიციენტს ასეც გამოსახავენ: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$. ϵ_0 ელექტრული მუდმივაა, $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{კ}^2}{\text{ნ} \cdot \text{მ}^2}$; კულონური ძალა ცენტრულია.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა ისწავლონ ორ წერტილოვან მუხტს შორის ურთიერთქმედების ძალის გამოთვლა. გამოიყენონ ის სამი ან მეტი მუხტის ურთიერთქმედებისას, რომელიმეზე მოქმედი ძალის დასადგენად, დაინახონ მსგავსება და განსხვავება კულონურ და გრავიტაციულ ძალებს შორის.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია. ცდის აღწერა. ფრონტალური კითხვები. ამოცანების ამოხსნა.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	წერტილოვანი მუხტი, გრეხითი სასწორი, კულონური ძალა, ელექტრული მუდმივა.
წინარე ცოდნა	სხეულთა დაელექტროება შეხები. მუხტის შენახვის კანონი. დამუხტულ სხეულთა ურთიერთქმედება. ძალის მახრუნებელი მომენტი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მასწავლებელი სვამს კითხვებს: როგორ ურთიერთქმედებებს აქვს ადგილი დამუხტულ სხეულებს შორის? რაზე შეიძლება იყოს დამოკიდებული დამუხტულ სხეულებს შორის ურთიერთქმედების ძალა? მასწავლებელი ახსენებს მოსწავლეებს ნივთიერი წერტილის ცნებას და სვამს კითხვას: როგორ დამუხტულ სხეულებს უწოდებდით წერტილოვანს? მოსწავლეები პასუხობენ კითხვებს და გამოთქვამენ თავიანთ ვარაუდს. მასწავლებელი პასუხებიდან გამოყოფს მთავარს და მოსწავლეებთან ერთად დაასკვნის, თუ რაზე შეიძლება იყოს დამოკიდებული აღნიშნული ძალა. მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მასწავლებელი აჩვენებს მოსწავლეებს ვირტუალურ ლაბორატორიას კულონის კანონის შესამოწმებლად და აძლევს მითითებებს, როგორ შეავსონ I კომპლექსური დავალების, ეტაპი II, ნაბიჯ 2-ში მოცემული ცხრილები.

	მინილექცია: გრეხითი სასწორით კულონის მიერ ჩატარებული ცდის აღწერა. ძაღის დაგრეხის კუთხის მიხედვით წინასწარ შეიძლება მაბრუნებელი მომენტის მნიშვნელობის დადგენა. ღეროს სიგრძის მიხედვით კი გაიზომოს ორ მუხტს შორის განზიდვის ძალა. მანძილი მუხტებს შორის იზომებოდა სასწორის კედელზე არსებული სკალით. მართალია, იმ პერიოდში მუხტის ერთეულიც კი არ არსებობდა, მაგრამ კულონმა მოიფიქრა მუხტის ცნობილი თანაფარდობით შეცვლის ხერხი, რაც კანონზომიერების დასადგენად სრულიად საკმარისი იყო. აქ შესაძლოა მასწავლებელმა დასვას კითხვა: როგორ შეეძლო კულონს ლითონის ერთ-ერთი ბურთულის მუხტის განახევრება? გამეთხედება? მუხტების უცვლელობისას მან დაადგინა, რომ მუხტებს შორის განზიდვის ძალა მათ შორის მანძილის კვადრატის უკუპროპორციული იყო, ხოლო მანძილის შენარჩუნებისას ძალა თითოეული მუხტის პროპორციულად იცვლებოდა. მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად აყალიბებს კულონის კანონს და ფორმულით გამოსახავს მას. მასწავლებელს მოჰყავს პროპორციულობის კოეფიციენტის რიცხვითი მნიშვნელობა, რომელიც ცდითაა დადგენილი. მიზანი: კულონის ცდის გაცნობა და კანონის ჩამოყალიბება. აქტივობა 3. ფრონტალური კითხვები: რა განზომილება უნდა ჰქონდეს k კოეფიციენტს SI-ში, თუ მუხტის ერთეულია 1 კულონი? რა ძალით ურთიერთქმედებს 1 მ-ით დაშორებული თითო კულონი მუხტი? დიდი ერთეულია თუ არა 1 კულონი? როგორ ძალებს უწოდებენ ცენტრულს? არის თუ არა კულონური ძალა ცენტრული? რომელ ცენტრულ ძალას გაიხსენებთ? რაში მდგომარეობს მსოფლიო მიზიდულობის კანონი? რა მსგავსებაა კულონისა და ნიუტონის მსოფლიო მიზიდულობის კანონებს შორის? ძალებს შორის? რომელი ძალაა უფრო ძლიერი? კულონის კანონი ჩამოყალიბებულია ვაკუუმისათვის, რა დასკვნას გამოიტანდით აქედან? მიზანი: კულონური ძალისა და 1 კ მუხტის შეფასება. კულონურ და მსოფლიო მიზიდულობის ძალას შორის პარალელის გავლება, მათ შორის მსგავსებისა და განსხვავებების წარმოჩენა. აქტივობა 4. მასწავლებელი აჩვენებს მოსწავლეებს I კომპლექსური დავალების, ნაბიჯი II-ის, მეორე ვირტუალურ ექსპერიმენტს და აძლევს კომპლექსურ დავალებაში მითითებული კონკრეტული კვლევის ჩატარების ინსტრუქციას. აქტივობა 5. რამდენიმე ამოცანის ამოხსნა კულონის კანონის გამოყენებით. მიზანი: კულონის კანონის გამოყენების დემონსტრირება.
რესურსები	ვირტუალური ლაბორატორია, სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“. შეაფასოს ამოცანების აღქმისა და ამოხსნის უნარი.

რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 6 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფში მოყვანილ საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა და შესაბამისი ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან კულონის კანონი, შეუძლიათ იპოვონ წერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა და გამოსახონ სქემატურად.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. ძაფის დაგრეხის კუთხის გაზომვით განისაზღვრება დამუხტულ ბურთულებს შორის მოქმედი ძალა.
2. მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა მათ შორის მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულია და პირდაპირპროპორციულია თითოეული მუხტის მოდულის, ე.ი. მუხტების მოდულის ნამრავლის.
3. დამუხტულ ლითონის ბურთულაზე ზუსტად ისეთივე ბურთულის შეხებით საცდელი მუხტი ნახევრდებოდა. ეს კანონზომიერების დასადგენად საკმარისი იყო.
4. 1მ მანძილით დაშორებულ თითო კულონ მუხტს შორის ურთიერთქმედების ძალა $9 \cdot 10^9$ ნ-ია. ეს უზარმაზარი სიდიდის ძალაა (თითქმის ერთი მილიარდი კგ მასის სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა). შესაბამისად, ასეთი ძალის გამომწვევი მუხტი ძალიან დიდია.
5. ორივე კანონის მიხედვით ურთიერთქმედების ძალის მოდული სხეულებს შორის მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულია. ერთი კანონის მიხედვით ის მასების ნამრავლის პროპორციულია, მეორეს მიხედვით – მუხტების მოდულების. ორივე კანონით სხეულებზე მოქმედი ძალები ცენტრულია და წერტილოვანი სხეულებისათვის ორივე კანონი სრულდება.
6. ჯერ უნდა ვიპოვოთ მოცემულ მუხტზე დანარჩენი მუხტების მხრიდან მოქმედი ძალები. შემდეგ კი შევკრიბოთ ვექტორების შეკრების წესით.

ამოცანების ამოხსნა:

$$6.1 \quad F = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2} = 36 \cdot 10^{-9} \text{ ნ}$$

6.2 არ შეიცვლება, რადგან წილადის მრიცხველიც და მნიშვნელიც 25-ჯერ გაიზრდება.

6.3 9-ჯერ შემცირდება, რადგან მრიცხველი გაიზრდება 9-ჯერ, ხოლო მნიშვნელი 81-ჯერ.

$$6.4 \quad F = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2} = 144 \cdot 10^{-9} \text{ ნ} \quad q_2 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ კ} \quad N = \frac{q_2}{e} = 10^{11}$$

$$6.5 \quad F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2} \quad F_2 = k \frac{q_3^2}{R^2} \quad q_3 = \frac{q_1 + q_2}{2} = q \quad \frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{15} \text{ შემცირდება } 15\text{-ჯერ. მიზიდვას შეცვლის განზიდვა.}$$

$$6.6 \quad F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2} \quad F_2 = k \frac{|q_1||q_3|}{R^2} \quad F = F_1 + F_2 \quad F = 81 \cdot 10^{-7} \text{ ნ}$$

$$6.7 \quad F_1 = mg = 1 \text{ ნ} \quad F_2 = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2} = 0.09 \text{ ნ} \quad F_{\text{ფ}} = F_1 - F_2 = 0.91 \text{ ნ}$$

6.8 რადგან ველს ერთნაირი მუხტები ქმნიან მესამე მუხტი მათ შორის უნდა მოვათავსოთ.

$$F_1 = k \frac{|q_1||q_3|}{(R-x)^2} \quad F_2 = k \frac{|q_2||q_3|}{x^2} \quad F_1 = F_2 \quad x = 6 \text{ მ დიდი მუხტიდან } 6 \text{ მ მანძილზე}$$

6.9 რადგან ველს სხვადასხვანაირი მუხტები ქმნიან მესამე მუხტი მათ გარეთ, მოდულით პატარა მუხტთან ახლოს უნდა მოვათავსოთ. $F_2 = k \frac{|q_2||q_3|}{(R+x)^2} \quad F_1 = k \frac{|q_1||q_3|}{x^2} \quad F_1 = F_2 \quad x = 4 \text{ მ მოდულით პატარა მუხტიდან } 4 \text{ მ მანძილზე}$

$$6.10 \quad F_1 = F_2 = k \frac{q^2}{R^2} = 36 \cdot 10^{-3} \text{ ნ} \quad F = \sqrt{2} F_1 = \sqrt{2} \cdot 36 \cdot 10^{-3} \text{ ნ}$$

§ 7. ელექტრული ველი. ელექტრული ველის დამაბულობა. წერტილოვანი მუხტის ველის დამაბულობა. ელექტრული ველის სუპერპოზიციის პრინციპი

გაკვეთილის თემა	ელექტრული ველი. ელექტრული ველის დამაბულობა. წერტილოვანი მუხტის ველის დამაბულობა. ელექტრული ველის სუპერპოზიციის პრინციპი.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ყოველი დამუხტული სხეული მის გარემომცველ სივრცეში ქმნის ელექტრულ ველს; ელექტრული ველი მატერიის განსაკუთრებული ფორმაა; უძრავი მუხტის მიერ შექმნილ ელექტრულ ველს ელექტროსტატიკური ველი ეწოდება; ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელი სიდიდეა ელექტრული ველის დამაბულობა; ელექტრული ველის დამაბულობა მოცემულ წერტილში ტოლია ამ წერტილში მოთავსებულ სასინჯ მუხტზე მოქმედი ძალის შეფარდებისა ამ მუხტთან: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$; SI-ში ელექტრული ველის დამაბულობა იზომება ნ/კ-ში; წერტილოვანი q მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობის მოდული მუხტიდან r მანძილზე ტოლია: $E = k \frac{ q }{r^2}$; წერტილოვანი დადებითი q მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობა მის ნებისმიერ წერტილში მიმართულია მუხტისა და ამ წერტილის შემაერთებელი წრფის გასწვრივ მუხტიდან, უარყოფითი მუხტისა კი – მუხტისკენ; ელექტროსტატიკური ველის მოცემულ წერტილში ჯამური დამაბულობა ამ წერტილში ცალკეული მუხტის მიერ შექმნილი ველის დამაბულობათა ჯამის ტოლია: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა ლოგიკურად გაიაზრონ: მუხტის გაშემო სივრცეში მატერიის განსაკუთრებული ფორმის – ელექტრული ველის არსებობა, მისი განსხვავება მატერიის ნივთიერი ფორმისაგან; ველის დამაბულობა, როგორც ველის ძალური მახასიათებელი და მისი სუპერპოზიციის პრინციპის არსი.
ესგ-შედგვი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ახლოქმედების თეორია, მანძილზე ქმედების თეორია, ელექტრული ველი, ელექტროსტატიკური ველი, ელექტრული ველის დამაბულობა, ველების სუპერპოზიცია.
წინარე ცოდნა	დამუხტულ სხეულთა ურთიერთქმედება. კულონის კანონი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მასწავლებელი მოსწავლეებს გააცნობს II კომპლექსური დავალების პირობას და სთავაზობს მისი წარმოდგენის ფორმას (მოდელის შექმნა, პრეზენტაცია).

	მოსწავლეები გაეცნობიან ვიდეოს „ფარადეის გალია“ (რესურსი 1) და რესურსი 3-ს. პასუხობენ II კომპლექსური დავალების პირობის გააზრებაზე ორიენტირებულ კითხვებს (ეტაპი I). აქტივობა 2. შესავალი საუბარი. ზოგადად, როცა სხეულთა შორის ურთიერთქმედებას ვიხილავთ, როგორც წესი, იგულისხმება, რომ ეს ურთიერთქმედება ნივთიერი გარემოს (თოკი, ღერო, წყალი, ჰაერი და სხვა), ე. წ. შუალედურ რგოლების მეშვეობით ხორციელდება. თანაც ქმედების გადასაცემად გარკვეული დროა საჭირო. ეს არის ახლოქმედების თეორიის არსი. მიზანი: პრობლემის ინიცირება. აქტივობა 3. მასწავლებელი სვამს კითხვას: გრავიტაციული, ელექტრული და მაგნიტური ურთიერთქმედება მაშინაც გვაქვს, როდესაც სხეულებს შორის ნივთიერი გარემო არ არსებობს (ვაკუუმი). თქვენი აზრით, ამ შემთხვევაში რა შეიძლება იყოს შუალედური რგოლი ამ ურთიერთქმედებისთვის? მოსწავლეები გამოთქვამენ თავიანთ მოსაზრებებს. მასწავლებელი შეახსენებს მათ მეცხრე კლასში შესწავლილ გრავიტაციულ მიზიდულობას და ეკითხება მოსწავლეებს, ხდავენ თუ არა ისინი რაიმე მსგავსებას გრავიტაციულ და ელექტრულ ურთიერთქმედებას შორის. მიზანი: თემის პროვოცირება. აქტივობა 4. მინილექცია. ამ ფაქტების ასახსნელად ბევრმა მეცნიერმა სცადა შემოეტანა რაღაც უხილავი გარემო, რომლითაც გარშემორტყმული იყო ყველა სხეული (მაგ., სინათლის, როგორც მექანიკური ტალღის წარმოსადგენად „დრეკადი ეთერი“ შემოიტანეს). ნიუტონის მსოფლიო მიზიდულობის კანონის აღმოჩენის შემდეგ, რომელმაც საკმაოდ კარგად აღწერა პლანეტების მოძრაობა, ჩამოყალიბდა მანძილზე ქმედების თეორია. ამ თეორიით მიხედვით კი ერთი სხეულიდან მეორეზე ქმედება გადაეცემა მყისიერად, ყოველგვარი შუალედური რგოლების გარეშე. ფარადეიმ პირველმა უარყო ეს თეორია და გამოთქვა მოსაზრება, რომ ყველა დამუხტული სხეული მის გარემომცველ სივრცეში ქმნის მატერიის განსაკუთრებულ (არანივთიერ) ფორმას, რომელსაც მან ელექტრული ველი უწოდა. ფარადეის ეს მოსაზრება თავდაპირველად ეფუძნებოდა მის რწმენას იმის შესახებ, რომ ურთიერთქმედება არ შეიძლება აბსოლუტური სიცარიელით გადაეცემოდეს. ფარადეის მიხედვით ერთი მუხტის შექმნილი ელექტრული ველი მოქმედებს მეორე მუხტზე და პირიქით – მეორე მუხტის შექმნილი ელექტრული ველი – პირველზე. ამასთან, ეს მოქმედება მყისიერად კი არა, გარკვეული სასრული სიჩქარით გადაეცემა. მაქსველმა დაასაბუთა, რომ ის ვაკუუმში სინათლის გავრცელების სიჩქარის ტოლია. მიზანი: მატერიის განსაკუთრებული (არანივთიერი) ფორმის არსებობის შესახებ წარმოდგენის განვითარება.
--	---

	აქტივობა 5. მინილექცია. უძრავი მუხტის შექმნილი ელექტრული ველი ელექტროსტატიკურია—დროის მიხედვით არა იცვლება. ელექტრული ველის მთავარი თვისება მისი მუხტზე მოქმედებაა. ამ თვისებით უნდა დავადგინოთ ველის ძალური მახასიათებელი, თანაც ეს მახასიათებელი ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ ის სასინჯ (ველში მოთავსებულ) მუხტზე დამოკიდებული არ იყოს. წერტილოვანი მუხტის ველის მაგალითიდან ჩანს, რომ ასეთი სიდიდე სასინჯ მუხტზე მოქმედი ძალის ამ მუხტთან შერფარდებაა $\frac{\vec{F}}{q_0}$. ეს ფაქტი მართებულია არა მხოლოდ წერტილოვანი მუხტის ველის, არამედ ნებისმიერი ელექტროსტატიკური ველისთვის, ამიტომ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ ფარდობა არის ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდე. ელექტრული ველის დამაბულობა მოცემულ წერტილში ტოლია ამ წერტილში მოთავსებულ სასინჯ მუხტზე მოქმედი ძალის შეფარდებისა მუხტთან. ეს სიდიდე SI-ში იზომება ნ/კ-ში. როცა წერტილოვანი q მუხტი დადებითია, მაშინ ელექტრული ველის დამაბულობა მის ნებისმიერ წერტილში მიმართულია მუხტისა და ამ წერტილის შემაერთებელი წრფის გასწვრივ მუხტიდან, ხოლო თუ q მუხტი უარყოფითია—მუხტისკენ. თუ ვიცით ელექტრული ველის დამაბულობა მოცემულ წერტილში, მაშინ ვიპოვით ამ წერტილში მოთავსებულ მოთავსებულ მუხტზე მოქმედ ძალას: $\vec{F} = q_0 \vec{E}$. დამაბულობა ისევე ახასიათებს ელექტრულ ველს, როგორც $\vec{g}$ აჩქარება დედამიწის გრავიტაციულ ველს. მიზანი: ელექტრული ველის მახასიათებელი სიდიდის-დამაბულობის ცნების შემოტანა. აქტივობა 6. მინილექცია. დამაბულობის ზოგადი განმარტებიდან ვადგენთ წერტილოვანი მუხტის ველის დამაბულობის მოდულის ფორმულას: $E = k \frac{ q }{r^2}$. თუ მოცემულ წერტილში სხვადასხვა დამუხტული ნაწილაკები ქმნის ელექტროსტატიკურ ველებს, რომელთა დამაბულობებია: $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3, \dots, \vec{E}_n$, მაშინ ელექტრული ველის ჯამური დამაბულობა ტოლია: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$. ეს ტოლობა ელექტრული ველის სუპერპოზიციის პრინციპს გამოხატავს—ველების ზედდებისას ისინი ერთმანეთზე გავლენას არ ახდენს. მიზანი: წერტილოვანი მუხტის დამაბულობის ფორმულის დადგენა და ველების სუპერპოზიციის პრინციპის გაცნობა.
რესურსები	ვირტუალური ლაბორატორია, სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“.
რეკომენდაციები საშინაო	§ 7 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფის საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა და შესაბამისი ამოცანების ამოხსნა.

დავალებისთვის	
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეები აღიქვამენ ელექტრულ ველს, როგორც მატერიის არანივთიერ ფორმას, შეუძლიათ საუბარი მის დამაბულობაზე და ველების სუპერპოზიციის პრინციპზე.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. ელექტრული ველის ძირითადი თვისებაა მასში მოთავსებულ მუხტზე გარკვეული ძალით იმოქმედოს. ამით ამჟღავნებს ის თავის არსებობას.
2. ველის ცნების შემოტანამდე მატერიალ ითვლებოდა ყველაფერი ის, რასაც ადამიანის გრძნობის ორგანოები უშუალოდ აღიქვამდა. ველი არანივთიერია, მას ადამიანის გრძნობის ორგანოებით ვერ აღიქვამს, მაგრამ ის რეალურად არსებობს. ამიტოა ის მატერიის განსაკუთრებული ფორმა.
3. თუ ცნობილია ელექტრული ველის დამაბულობა მის რომელიმე წერტილში, შეგვიძლია ამ წერტილში მოთავსებულ ნებისმიერ წერტილოვან მუხტზე მოქმედი ძალის პოვნა.
4. ელექტრული ველის მოცემულ წერტილში შეტანილ დადებით მუხტზე მოქმედი ძალა ამ წერტილში ველის დამაბულობის მიმართულებას ემთხვევა. თუ ელექტრულ ველში შევიტანთ უარყოფით მუხტს, მაშინ მასზე მოქმედი ძალას დამაბულობის მიმართულების საპირისპირო მიმართულება ექნება.

ამოცანების ამოხსნა:

$$7.1 \quad E = \frac{F}{q} = 250 \text{ ნ/კ}$$

$$7.2 \quad F = E \cdot q = 0.42 \text{ მნ}$$

$$7.3 \quad F_1 = mg \quad F_2 = Eq \quad F_1 = F_2 \quad E = \frac{mg}{q} = 5 \cdot 10^4 \text{ ნ/კ} \quad \text{ვერტიკალურად ზევით მიმართული}$$

$$7.4 \quad F_1 = mg \quad F_2 = Eq \quad q = \frac{mg}{E} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ კ} \quad N = \frac{q}{e} = 25 \cdot 10^{11}$$

$$7.5 \quad E = k \frac{|q|}{R^2} = 1600 \text{ ნ/კ}$$

7.6 სხვადასხვანიშნიანის შემთხვევაში, რადგან ჯამური ვექტორის მოდული ვექტორების მოდულების ჯამის ტოლი იქნება.

$$7.7 \quad E_1 = k \frac{|q_1|}{R^2} \quad E_2 = k \frac{|q_2|}{R^2} \quad E = E_1 + E_2 = 40 \text{ კნ/მ} \quad \text{მიმართული, დადებითი მუხტიდან უარყოფითისკენ.}$$

$$7.8 \quad \text{რადგან მუხტები ერთნაირნიშნიანია მათ შორის იქნება დამაბულობა ნული. } E_1 = k \frac{|q_1|}{(R-x)^2}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{x^2} \quad E_1 = E_2 \quad x = 1 \text{ მ. პატარა მუხტიდან 1 მ მანძილზე.}$$

7.9 სამივეო წერტილში დამაბულობა იქნება სამი ვექტორის ჯამი. მათ შორის ორი ვექტორი იქნება მოპირდაპირე და ერთმანეთს გააკომპენსირებს. დარჩება ერთი

$$E = k \frac{|q|}{(\frac{\sqrt{3}a}{2})^2} = k \frac{4|q|}{3a^2}$$

7.10 სამი მოდულით ერთმანეთის ტოლი ვექტორის ჯამი, რომელთა შორის კუთხეც 120° -ია ნულის ტოლია.

§ 8. ელექტრული ველის დამაბულობის წირები

გაკვეთილის თემა	ელექტრული ველის დამაბულობის წირები
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ელექტრული ველის დამაბულობის წირები ისეთი წარმოსახვითი წირებია, რომელთა ნებისმიერ წერტილში გავლებული მხების მიმართულება ამავე წერტილში ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მიმართულებას ემთხვევა; დადებითი წერტილოვანი მუხტის მიერ შექმნილი ელექტროსტატიკური ველის დამაბულობის წირები მიმართულია რადიალურად, მუხტიდან, უარყოფითისა კი პირიქით – მუხტისაკენ; ელექტრულ ველს, რომლის ნებისმიერ წერტილში დამაბულობა ერთნაირია, ერთგვაროვანი ელექტრული ველი ეწოდება; ერთგვაროვანი ელექტრული ველის ყოველ წერტილში დამაბულობას ერთნაირი მოდული და მიმართულება აქვს, ხოლო ძაღწირები ერთმანეთის პარალელური და თანაბარი სიხშირისაა; რაც უფრო მეტია დამაბულობის მოდული, მით მეტია ძაღწირების სიხშირე.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა გაიაზრონ და ისწავლონ ელექტრული ველის, როგორც მატერიის არანივთიერი ფორმის წირითი გამოსახვა.
ესგ-შედგეი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ცდის აღწერა, მინილეცია, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ელექტრული ველის ძაღწირები, ძაღწირების სიხშირე, ერთგვაროვანი ელექტრული ველი.
წინარე ცოდნა	ელექტრული ველის დამაბულობა. ველების სუპერპოზიციის პრინციპი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. ელექტრული ველი მატერიალურია, მაგრამ უხილავი და თავს ამჟღავნებს მხოლოდ სასინჯ მუხტზე მოქმედებით. ამ მოქმედების მახასიათებელია ელექტრული ველის დამაბულობა. შეიძლება თუ არა ელექტრული ველი გავხადოთ „ხილული“? მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად გეგმავს და ატარებს პარაგრაფში აღწერილ ცდას. ბეწვის ნაკუწების გარკვეული წესით დალაგება სწორედ ელექტრული ველის სივრცული განაწილების გამომსახველია. მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილეცია: მასწავლებელმა შესაძლოა დაიწყოს კითხვით: გამოდგება თუ არა ელექტრული ველის გამოსახვისათვის მის ყველა წერტილში

	დამაბულობის ვექტორის გავლება? მოსწავლეები მივლენ დასკვნამდე, რომ ველის ასეთ გამოსახვას აზრი არ აქვს. მასწავლებელი მიჰყვება სახელმძღვანელოში მოყვანილ მსჯელობას, როგორ შეიძლება ელექტრული ველი დამაბულობის ვექტორების ნაცვლად ძალწირებით გამოვსახოთ. ელექტრული ველის დამაბულობის წირები ისეთი წარმოსახვითი წირებია, რომელთა ნებისმიერ წერტილში გავლებული მხების მიმართულება ამავე წერტილში ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მიმართულებას ემთხვევა. დამაბულობის წირებს იქ უფრო მეტს ავლებენ, სადაც დამაბულობა მეტია. მიზანი: დამაბულობის წირების გაცნობა-გააზრება. აქტივობა 3. მასწავლებელი მოსწავლეებს აჩვენებს II კომპლექსური დავალების, ეტაპი II-ის, ნაბიჯი 1-ში მოყვანილ ვირტუალურ ლაბორატორიას. ამ სიმულაციაზე დაყრდნობით, მასწავლებელი უხსნის მოსწავლეებს ელექტროსტატიკური ველის ძალწირებს და უსვამს აქტივობაში დასმულ კითხვებს. მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად გამოსახავს დამაბულობის წირებს წერტილოვანი მუხტებისათვის, გარკვეული მანძილით დაშორებული სხვადასხვანიშნიანი და ერთნიშნიანი მუხტებისათვის. აღწერს საპირისპირო ნიშნით დამუხტულ ლითონის ორ, ბრტყელ, პარალელურ ფირფიტას შორის შექმნილ ელექტრულ ველს. მასწავლებელი განმარტავს ერთგვაროვან ელექტრულ ველს და გამოსახავს მას ძალწირებით. მიზანი: დამაბულობის წირებით მუხტების ელექტრული ველების გამოსახვა. აქტივობა 4. დახმარება დავალებად მიცემული ამოცანების ამოხსნისათვის. მიზანი: მიღებული ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	დამუხტული ბურთულები, მინის ფირფიტა, წვრილად დაჭრილი ბეწვი, ვირტუალური ლაბორატორია, სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“. შეაფასოს ამოცანების აღქმისა და ამოხსნის უნარი.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 8 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფში მოყვანილ საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა და დავალებად მიცემული ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა გააიზრეს ელექტრული ველის ძალწირებით გამოსახვის მეთოდი.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. ელექტრული ველის ძალწირზე აღნიშნული ისარი მიუთითებს მისადმი გავლებულ მხეზე რომელი მიმართულება უნდა ავირჩიოთ დამაბულობის მიმართულებად.
2. წერტილოვანი მუხტის ველის დამაბულობა ნებისმიერ წერტილში მუხტიდან გავლებულ სხივზე მდებარეობს.
3. ველის დამაბულობის ძალწირების გადაკვეთა იმის მაჩვენებელი იქნებოდა, რომ გადაკვეთის წერტილში დამაბულობას ორი განსხვავებული მიმართულება აქვს, რაც შეუძლებელია.
4. თუ ავიღებთ საპირისპირო ნიშნით დამუხტულ ორ ბრტყელ, გამტარ ფირფიტას და მოვათავსებთ ერთმანეთის პარალელურად საკმარისად მცირე დაშორებით, მათ შორის სივრცეში ელექტრული ველი ერთგვაროვანი იქნება.
5. არ შეიცვლება, ვინაიდან ერთგვაროვანი ველის ყველა წერტილში დამაბულობა ერთნაირია. შესაბამისად, ერთნაირი იქნება მუხტზე მოქმედი ძალაც.

ამოცანების ამოხსნა:

- 8.1 დამაბულობის ვექტორი ძალწირის მხემის გასწვრივაა მიმართული. დადებით მუხტზე მოხმედი ძალის მიმართულება დამაბულობის მიმართულებას ემთხვევა.
- 8.2 დამაბულობის ვექტორი ძალწირის მხემის გასწვრივაა მიმართული. უარყოფით მუხტზე მოქმედი ძალას დამაბულობის საპირისპირო მიმართულება აქვს.
- 8.3 C წერტილში, რადგან სადაც დამაბულობის მოდული მეტია იქ ძალწირები უფრო ახლოცაა ერთმანეთთან (უფრო ხშირია)
- 8.4 ერთგვაროვანი ელექტრული ველი გამოისახება პარალელური და ტოლი მანძილებით დაშორებული წირებით. მე-2 სურათზე.
- 8.5 არა რადგან რაც უფრო ვშორდებით მუხტს მით უფრო მცირდება დამაბულობის მოდული.

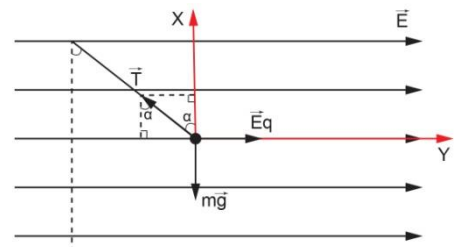
$$8.6 \vec{F} = \vec{E}q \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad a = \frac{Eq}{m}$$

$$8.7 \vec{F} = \vec{E}q \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad a = \frac{Eq}{m} \quad v = v_0 + at \quad v = at$$

- 8.8 დადებით მუხტზე მოქმედი ძალა სიჩქარის თანხვდენილია და ის სიჩქარეს გაზრდის. უარყოფით მუხტზე მოქმედი ძალა კი - შეამცირებს.

$$8.9 \vec{F}_1 = m\vec{g} \quad \vec{F}_2 = \vec{E}q \quad F = F_1 + F_2 \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad a = 20 \text{ მ/წმ}^2$$

- 8.10 ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად $m\vec{g} + \vec{E}q + \vec{T} = m\vec{a}$. მოცემული გამოსახულება დავწეროთ გეგმილებში (სურ. 1). (y) $-mg + T\cos\alpha = 0 \quad T = mg/\cos\alpha$ (x) $Eq - T\sin\alpha = 0 \quad T = Eq/\sin\alpha$ მიღებული გამოსახულებების გატოლებით მივიღებთ, რომ $\tan\alpha = Eq/mg \quad \tan\alpha = 1 \quad \alpha = 45^\circ$



სურ. 1

§ 9. თანაბრად დამუხტული სფეროსა და სიბრტყის ელექტროსტატიკური ველი

გაკვეთილის თემა	თანაბრად დამუხტული სფეროსა და სიბრტყის ელექტროსტატიკური ველი
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	თანაბრად დამუხტული სფეროს შიგნით ელექტროსტატიკური ველის დამაბულობა ნულის ტოლია; დადებითად დამუხტული სფეროს ელექტროსტატიკური ველის დამაბულობა სფეროს გარეთ რადიალურადაა მიმართული სფეროდან, უარყოფითად დამუხტული სფეროს შემთხვევაში კი – რადიალურად სფეროსკენ; q მუხტისა R რადიუსის მქონე სფეროს ელექტროსტატიკური ველის დამაბულობის მოდული სფეროს გარეთ გამოითვლება ფორმულით: $E = k \frac{ q }{r^2}$, ($r \geq R$); მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე ეწოდება მუხტის შეფარდებას იმ ზედაპირის ფართობთან, რომელზეც ის თანაბრადაა განაწილებული: $\sigma = \frac{q}{S}$; SI-ში მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე იზომება კ/მ²-ში; დადებითად დამუხტული უსასრულო სიბრტყის ველის ძალწირები მიმართულია ზედაპირის მართობულად მისგან, ხოლო უარყოფითად დამუხტული უსასრულო სიბრტყის ველისა – მისკენ; თანაბრად დამუხტული უსასრულო სიბრტყე მის ორივე მხარეს ქმნის ერთგვაროვან ელექტრულ ველს, რომლის დამაბულობის მოდული $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. მოდულით ტოლი და საპირიპირო ნიშნით დამუხტული ორი ბრტყელი, ერთმანეთთან ახლოს მდებარე, პარალელური ფირფიტის მიერ შექმნილი ველის დამაბულობა ფირფიტებს გარეთ ნულის ტოლია, მათ შორის კი მისი მოდული $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეები გაერკვნენ, რა თავისებურებებით გამოირჩევა თანაბრად დამუხტული სფეროსა და უსასრულოდ დამუხტული სიბრტყით შექმნილი ელექტრული ველი. ასევე, როგორ შეიძლება ერთგვაროვანი ელექტროსტატიკური ველის მიღება.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცი, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	თანაბრად დამუხტული სფერო, დამუხტული უსასრულო სიბრტყე, მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე, ერთგვაროვანი ელექტრული ველი.
წინარე ცოდნა	წერტილოვანი მუხტია ველის დამაბულობა. ველების

	სუპერპოზიციის პრინციპი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მასწავლებელს შეუძლია შეამზადოს მოსწავლეები ახალი საკითხის გასააზრებლად ფრონტალური კითხვებით: როგორ გამოითვლება წერტილოვანი q მუხტის დამაბულობის მოდული მისგან გარკვეული r მანძილით დაშორებულ წერტილში? საითაა ეს დამაბულობა მიმართული, როდესაც q მუხტი დადებითია? უარყოფითია? რაში მდგომარეობს ველის სუპერპოზიციის პრინციპი? შეიძლება თუ არა ამ ცოდნის გამოყენება გარკვეული რადიუსის თანაბრად დამუხტული სფეროს ელექტრული ველის შესწავლისას? მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილექცია. ამოცანის ამოხსნა. მასწავლებელს შეუძლია დასმული ამოცანის გადაწყვეტა იმ სტრატეგიით, რაც პარაგრაფში მოყვანილი. ახსნას, თუ რატომაც, ვთქვათ, თანაბრად დამუხტული სფეროს ცენტრში დამაბულობა ნულის ტოლი. ასევე, მტკიცდება (გაუსის თეორემით, რომელიც სკოლის საშუალო საფეხურზე არ ისწავლება), რომ ველის დამაბულობა ნულის ტოლია სფეროს შიგნით მდებარე ყველა წერტილში. სახელმძღვანელოში მოყვანილი სურათიდან ნათლად ჩანს, რომ სფეროს გარე წერტილებში დამაბულობას რადიალური მიმართულება აქვს: სფეროდან, როცა მისი მუხტი დადებითია და სფეროსკენ, როცა სფეროს მუხტი უარყოფითია. მტკიცდება (გაუსის თეორემით), რომ სფეროს გარე წერტილებში დამაბულობის მოდული ისეთივეა, როგორიც იქნებოდა, თუ სფეროს მთელი მუხტი მის ცენტრში იქნებოდა მოთავსებული. მაშასადამე, $E = 0$, როცა $r < R$ და $E = k \frac{ q }{r^2}$, როცა $r \geq R$. მასწავლებელს შეუძლია სადემონსტრაციოდ რომელიმე ამოცანა მოსწავლეების ჩართულობით ამოხსნას. მიზანი: თანაბრად დამუხტული სფეროს ელექტრული ველის შესწავლა. აქტივობა 3. მინილექცია. სასრული ზომის დამუხტულ სხეულთა ველის შესწავლისას მნიშვნელოვანია არა მარტო სხეულის მუხტის ცოდნა, არამედ ისიც, რა ფართობზეა ის განაწილებული. ანუ, როგორია მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე. მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე ეწოდება მუხტის შეფარდებას იმ ზედაპირის ფართობთან, რომელზეც ის განაწილებულია: $\sigma = \frac{q}{S}$. იგი გვიჩვენებს ფართის ერთეულზე თანაბრად განაწილებული მუხტის მნიშვნელობას და იზომება კ/მ²-ში. სწორედ მუხტის ზედაპირული სიმკვრივით

	განისაზღვრება თანაბრად დამუხტული უსასრულო სიბრტყის ველის დამაბულობა. მოსწავლეები მასწავლებლის დახმარებით, სახელმძღვანელოში აღწერილი ხერხით, ადვილად დაადგენენ, რა მიმართულება აქვს დადებითად და უარყოფითად დამუხტული უსასრულო სიბრტყის ველის დამაბულობებს. ამ შემთხვევაში ველის დამაბულობის მოდული $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ ფორმულით გამოითვლება (ეს ფორმულაც გაუსის თეორემის შედეგია). ველების სუპერპოზიციის გამოყენებით მასწავლებელი სქემატურად აჩვენებს მოსწავლეებს, რომ ელექტრული ველები, რომელებსაც ქმნის მოდულით ტოლი და საპირიპირო ნიშნით დამუხტული ორი ბრტყელი ერთმანეთთან ახლოს მდებარე პარალელური ფირფიტა, მათ გარეთ ერთმანეთს აკომპენსირებს, ფირფიტებს შორის კი ერთმანეთს აძლიერებს და მისი მოდული $E = 2 \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$. მიზანი: თანაბრად დამუხტული უსასრულო სიბრტყის ველის შესწავლა. აქტივობა 3. დახმარება დავალებად მიცემული ზოგიერთი ამოცანის ამოსახსნელად. შესაძლოა მოსწავლეთა ურთიერთდახმარებაც. მიზანი: მიღებული ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	ვირტუალური ლაბორატორია, სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“. შეაფასოს ამოცანების აღქმისა და ამოხსნის უნარი.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 9 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფში მოყვანილ საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა და დავალებად მიცემული ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან თანაბრად დამუხტული სფეროსა და უსასრულო სიბრტყის მიერ შექმნილი ელექტრული ველების დამაბულობების გამოთვლა, მათი მიმართულების დადგენა და ამ ველთა თავისებურებები.

საკონტროლო კითხვები:

1. სფეროს ნებისმიერი დიამეტრის ბოლოებზე განლაგებული ტოლი წერტილოვანი მუხტები სფეროს ცენტრში მოდულით ტოლ და მიმართულებით საწინააღმდეგო დამაბულობას ქმნის. მათი ვექტორული ჯამი კი ნულის ტოლია.
2. იმ წერტილებისათვის, რომლებიც სფეროს ზედაპირზე ან მის გარეთ მდებარეობს.
3. 1 მ² ფართობზე 5 კ მუხტი თანაბრადაა განაწილებული.
4. თანაბრად დამუხტული სიბრტყის ველის დამაბულობები მის სხვადასხვა მხარეს ერთმანეთისადმი საწინააღმდეგოდაა მიმართული.

ამოცანების ამოხსნა:

$$9.1 \quad E = k \frac{|q|}{R^2} \quad E=1800 \text{ ნ/კ}$$

$$9.2 \quad E = k \frac{|q|}{R^2} \quad |q| = \frac{ER^2}{k} \quad |q| = 28 \cdot 10^{-10} \text{ კ}$$

9.3 თანაბრად დამუხტული სფეროს შიგნით ელექტროსტატიკური ველის დამახულობა ნულის ტოლია.

9.4 სფეროს ზედაპირზე და მის გარეთ დამახულობის მოდული დაითვლება ფორმულით $E = k \frac{|q|}{R^2}$. სადაც R სფეროს ცენტრიდან მოცემულ წერტილამდე მანძილია. რადგან ცენტრიდან ამ წერტილამდე მანძილი 3-ჯერ მეტია რადიუსზე, დამახულობის მოდული 9-ჯერ ნაკლები იქნება. $E=170 \text{ ნ/კ}$.

$$9.5 \quad \sigma = \frac{q}{S} \quad \sigma = -6 \cdot 10^{-3} \text{ კ/მ}^2$$

$$9.6 \quad S=120 \text{ სმ}^2 \quad q=\sigma \cdot S \quad q=3 \cdot 10^{-3} \text{ კ}$$

$$9.7 \quad E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \quad E=10^4 \text{ ნ/კ}$$

9.8 $\sigma = \frac{q}{S}$ - გაიზრდება 6-ჯერ. შესაბამისად E - გაიზრდება 6-ჯერ

9.9 ფირფიტებს შორის რეზულტატური დამახულობა იქნება ორი მოპირდაპირე ვექტორის ჯამი $\vec{E}_1 = \vec{E} + (-\vec{E}) \quad E_1=0$. ფირფიტებს გარეთ ორი ტოლი ვექტორის ჯამი. $E_2=2E \quad E_2 = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S}$

9.10 სფეროს ზედაპირზე და მის გარეთ დამახულობის მოდული დაითვლება ფორმულით $E = k \frac{|q|}{R^2}$. რადგან დამახულობის მოდული 16-ჯერ ნაკლებია ე.ი $R+45=4R \quad R=15 \text{ სმ}$

§ 10. გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში

გაკვეთილის თემა	გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	გარეშე ელექტრული ველის გავლენით გამტარის მოპირდაპირე ზედაპირებზე საპირისპირო ნიშნის მუხტების თავმოყრას, ელექტროსტატიკური ინდუქცია ეწოდება; ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტრული ველი არ არის; ელექტრულ ველში მოთავსებული როგორც დაუმუხტავი, ასევე დამუხტული გამტარის შიგნით ჯამური მუხტი ნულის ტოლია. მუხტები მხოლოდ გამტარის ზედაპირზეა განლაგებული; გამტარის გარეთ, ზედაპირთან ახლოს ელექტროსტატიკური ველის დამახულობის წირები ზედაპირის მართობულია; ელექტროსტატიკური დაცვა დაფუძნებულია იმ ფაქტზე, რომ ელექტრულ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტრული ველი არ არსებობს.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა გაიაზრონ, რა ემართება ელექტრულ ველს მასში მოთავსებული გამტარის შიგნით. მივიდნენ დასკვნამდე, თუ როგორ შეიძლება დავიცვათ სხეულები (ხელსაწყო-მოწყობილობები) გარე ელექტრული ველის გავლენისაგან.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ხარაჩოს მეთოდი, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ელექტროსტატიკური ინდუქცია, ველების სუპერპოზიციის პრინციპი, ელექტროსტატიკური დაცვა, ეკრანირება.
წინარე ცოდნა	გამტარის სტრუქტურული აგებულება. თავისუფალი ელექტრონები. ველების სუპერპოზიციის პრინციპი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მასწავლებელს შეუძლია მოსწავლეთა მობილიზება ახალი საკითხის დასაწყებად ფრონტალური კითხვებით: როგორი სახის ველებს ვიცნობთ? რასთანაა დაკავშირებული გრავიტაციული ველი? ელექტროსტატიკური ველი? შესაძლებელია თუ არა ხელოვნურად შევქმნათ ისეთი სივრცე, სადაც გრავიტაციული მოქმედება სხეულზე გაქრება? სხვანაირად, შეგვიძლია თუ არა გრავიტაციულ ველს „დავემალეთ“? მასწავლებლის ჩართულობით მოსწავლეები დაასკვნიან, რომ გრავიტაციული ველის მომცველი სივრცის შიგნით ასეთი არეს შექმნას ვერ შევძლებთ. შეიძლება თუ არა ეს გავაკეთოთ ელექტროსტატიკური ველის შემთხვევაში? მოსწავლეები ეცნობიან II კომპლექსური დავალების, ეტაპი II-ის, ნაბიჯი 1-ის აქტივობა 5-ში მოყვანილ ვიდეოს და პასუხობენ ამ აქტივობაში დასმულ კითხვებს. მიზანი: საკითხის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილექცია, ფრონტალური კითხვები. მასწავლებელი მიჰყვება მსჯელობას, რომელიც

	სახელმძღვანელოშია წარმოდგენილი. საით ამოძრავდებიან გამტარის თავისუფალი ელექტრონები, როცა მას E_0 დამაბულობის ელექტროსტატიკურ ველში მოვათავსებთ? რა ნიშნის მუხტები გაჩნდება გამტარის მოპირდაპირე კიდეებზე? მუხტის ასეთ გადანაწილებას ელექტროსტატიკურ ინდუქციას უწოდებენ. რა მიმართულება ექნება ინდუცირებული მუხტების შექმნილი ველის E' დამაბულობას? ვინაიდან ლითონებში თავისუფალი ელექტრონების რაოდენობა ძალიან დიდია, ამიტომ ინდუცირებული მუხტების შექმნილი ველის დამაბულობა მოდულით გარე ველის დამაბულობას გაუტოლდება. შედეგად, გამტარის შიგნით ველის ჯამური დამაბულობა ნულს გაუტოლდება და ელექტრონები მიმართულ მოძრაობას შეწყვეტენ. ამიტომ ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტრული ველი არ იარსებებს. მიზანი: ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ველის არარსებობის დასაბუთება. აქტივობა 3. მინილექცია. ცდის ჩატარება. გამტარის შიგნით არა მარტო ველის დამაბულობაა ნულის ტოლი, არამედ ჯამური მუხტიც. ეს ნიშნავს, რომ მუხტები მხოლოდ გამტარის ზედაპირზე არის განლაგებული. ეს მაშინაც ასეა, როცა დამუხტული გამტარი ელექტრულ ველში არ არის მოთავსებული. ამის მიზეზი ჭარბი დამუხტული ნაწილაკების ურთიერთგანზიდვაა. გამტარის ზედაპირზე მუხტები ისე განაწილდება, რომ ზედაპირთან ახლოს დამაბულობის წირები ზედაპირის მართობულია. წინააღმდეგ შემთხვევაში მუხტები სულ იმოდრავებდნენ ზედაპირის გასწვრივ, რაც ენერგიის მუდმივობის კანონს ეწინააღმდეგება. იმ ფაქტზე, რომ ელექტრულ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტრული ველი არ არსებობს, დაფუძნებულია ე.წ. ელექტროსტატიკური დაცვა. ლითონის „გალიაში“ მოთავსებული ბურთულა დამუხტული ბურთულისკენ არ გადაიხრება. „გალიის გარეშე კი მათი მიზიდვა შესაძლებელი იყო. ე.ი „გალიის“ შიგნით დამუხტული ბურთულის ელექტრული ველი ვერ აღწევს. სხვანაირად, ადგილი აქვს ბურთულის ელექტრული ველის ე.წ. ეკრანირებას. სწორედ ამიტომ ელექტრული ველისადმი მგრძნობიარე ხელსაწყოები ლითონის ყუთებშია მოთავსებული. პარაგრაფში მოცემული მეორე ცდით მოსწავლეები დარწმუნდებიან, რომ ჭარბი მუხტი ყოველთვის გამტარის გარე ზედაპირზეა, შიგნით კი ის ელექტრონეიტრალურია. მიზანი: მუხტის ზედაპირზე განაწილების ახსნა და ეკრანირების დემონსტრირება. აქტივობა 4. ამოცანებზე მუშაობა. მასწავლებელი ავალებს მოსწავლეებს პარაგრაფში მოცემული სურათის მსგავსი „ფარადეის გალიის“ მოდელის დამზადებას. მოსწავლეებს
--	--

	შეუძლიათ გამოიყენონ ასევე კომპლექსური დავალების დასაწყისში მითითებული ვიდეორესურსი 3. მიზანი: მიღებული ცოდნის განმტკიცება..
რესურსები	სახელმძღვანელო, ელექტროსკოპი, ელექტროფორული მანქანა, ელექტრული „გალია“.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“. შეფასოს ამოცანების აღქმისა და ამოხსნის უნარი.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 10 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფში მოყვანილ საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. მოსწავლეებს შეიძლება დავავალოთ მავთულით მცირე ზომის „გალის“ დამზადება.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან, რომ ელექტრულ ველი მასში მოთავსებული გამტარის შიგნით ვერ აღწევს, ანუ ველის დაძაბულობა გამტარის შიგნით ნულის ტოლია. იციან, როგორ შეიძლება დავიცვათ ელექტრული ველისადმი მგრძნობიარე სელსაწყო-მოწყობილობები მისი გავლენისაგან.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. ელექტრულ ველში მოთავსებულ გამტარში თავისუფალი ელექტრონები ველის დაძაბულობის საწინააღმდეგო მიმართულებით ამოძრავდება.
2. გარე ელექტრული ველის გავლენით გამტარში ინდუცირებული მუხტები ისე გადანაწილდება, რომ მათ მიერ შექმნილი ველის დაძაბულობას გარე ველის დაძაბულობის საწინააღმდეგო მიმართულება ექნება, მოდულით კი მისი ტოლი გახდება. შედეგად, ველის ჯამური დაძაბულობა გამტარში ნულს გაუტოლდება.
3. უარყოფითად დამუხტულ გამტარში არსებული ჭარბი ელექტრონები განზიდვის გამო ერთმანეთს რაც შეიძლება დიდ მანძილზე დაშორდება. ამიტომ ისინი გამტარის ზედაპირზე განლაგდება.
4. ელექტროსტატიკური ველის დაძაბულობის წირები გამტარის ზედაპირის მართობული რომ არ იყოს, დაძაბულობის ვექტორს ექნებოდა ზედაპირის მხები - მდგენელი, რომელიც მუხტების ზედაპირზე გადაადგილებას გამოიწვევდა. ეს კი იქამდე გაგრძელდებოდა, ვიდრე ზედაპირის მხები მდგენელი ნულის ტოლი არ გახდებოდა, ანუ იქამდე, ვიდრე დაძაბულობა ზედაპირის მართობულ მიმართულებას არ მიიღებდა.

§ 11. დიელექტრიკები ელექტრულ ველში. დიელექტრიკული შეღწევადობა

გაკვეთილის თემა	§ 11. დიელექტრიკები ელექტრულ ველში. დიელექტრიკული შეღწევადობა.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	დიელექტრიკი ორი სახისაა: პოლარული და არაპოლარული; დიელექტრიკს, რომლის შემადგენელ ატომებში ან მოლეკულებში დადებითი და უარყოფითი მუხტების განაწილების ცენტრები ერთმანეთს ემთხვევა არაპოლარული დიელექტრიკი ეწოდება; დიელექტრიკს, რომელის შემადგენელ მოლეკულებში დადებითი და უარყოფითი მუხტების განაწილების ცენტრები ერთმანეთს არ ემთხვევა, პოლარული დიელექტრიკი ეწოდება; გარკვეული მანძილით დაშორებულ, მოდულით ტოლი და სხვადასხვანიშნიანი ორი მუხტის ერთობლიობას ელექტრული დიპოლი ეწოდება; გარე ველის გავლენით დადებითი და უარყოფითი ბმული მუხტების ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით წანაცვლებას დიელექტრიკის პოლარიზაცია ეწოდება; ელექტრულ ველში მოთავსებულ დიელექტრიკში დიპოლები ველის გასწვრივ ორიენტირდება და შექმნის ელექტრულ ველს, რომელსაც გარე ველის დამაბულობის საწინააღმდეგო მიმართულება აქვს, მაგრამ ვერ აკომპენსირებს მას; ველში მოთავსებულ დიელექტრიკში ელექტრული ველი სუსტდება; გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობა ϵ-ის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს, თუ რამდენჯერ ნაკლებია ელექტრული ველის დამაბულობის მოდული E დიელექტრიკში, ველის დამაბულობის E_0 მოდულზე ვაკუუმში: $\epsilon = \frac{E_0}{E}$; კულონის კანონს ϵ დიელექტრიკული შეღწევადობის გარემოში მოთავსებული მუხტებისათვის აქვს შემდეგი სახე: $F = k \frac{ q_1 \cdot q_2 }{\epsilon r^2}$; ϵ დიელექტრიკული შეღწევადობის გარემოში მოთავსებული წერტილოვანი მუხტის ველის დამაბულობის მოდული გამოითვლება ფორმულით: $E = k \cdot \frac{ q }{\epsilon r^2}$;
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეები გაეცნონ დიელექტრიკების სახეებს. გაიაზრონ დიელექტრიკის პოლარიზაციის პროცესი,

	გარე ელექტრულ ველში დიელექტრიკის დიპოლების ორიენტაციის მექანიზმი, დიელექტრიკში ელექტრული ველის შესუსტების მოვლენა. გაიაზრონ გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობის არსი. ჩაწერონ კულონის კანონის და წერტილოვანი მუხტის ელექტრული ველის დამაბულობის ფორმულები დიელექტრიკულ გარემოში.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ხარაჩოს მეთოდი, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	პოლარული და არაპოლარული დიელექტრიკი, დიელექტრიკის პოლარიზაცია, ელექტრული დიპოლი, იონური დიელექტრიკი, ელექტრონული (დეფორმაციული) მექანიზმი, დიელექტრიკული შეღწევადობა.
წინარე ცოდნა	ელექტრული ველის დამაბულობა. ატომის აგებულება. ძალის მახრუნებელი მომენტი. ველების სუპერპოზიციის პრინციპი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მოსწავლეები ეცნობიან II კომპლექსური დავალების ეტაპი II, ნაბიჯი 2-ის, აქტივობა 1-ში მოყვანილ ვიდეოს და პასუხობენ აქტივობაში დასმულ შეკითხვებს. მინილექცია. ფრონტალური კითხვები. მასწავლებელი სვამს კითხვას: რითი განსხვავდება დიელექტრიკები გამტარებისაგან? გამტარის შიგნით გარე ელექტრული ველი ვერ აღწევს. შეაღწევს თუ არა გარე ელექტრული ველი დიელექტრიკში? მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდს და ასაბუთებენ მას. მასწავლებლის დახმარებით მოსწავლეები ასკვნიან, რომ დიელექტრიკი გამტარის მსგავსად ვერ მოახერხებს გარე ელექტრული ველის კომპენსირებას. მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილექცია. ფრონტალური კითხვები. მასწავლებელი აცნობს მოსწავლეებს არაპოლარულ დიელექტრიკს წყალბადის ატომის მაგალითით. ის მიჰყვება სახელმძღვანელოში წარმოდგენილ მსჯელობას და აღწერს ატომის დადებითი და უარყოფითი მუხტების განაწილებას. როგორი ძალები იმოქმედებს ატომის დადებით და უარყოფით მუხტებზე გარე ელექტრულ ველში მოთავსებისას? როგორ შეიცვლება მუხტების განაწილების ცენტრების მდებარეობა? მასწავლებელი განმარტავს, რომ აღწერილი სტრუქტურა წარმოადგენს ელექტრულ დიპოლს, ხოლო მოვლენას დიელექტრიკის პოლარიზაციას უწოდებენ. მასწავლებელი მოსწავლეებს გააცნობს სხვა არაპოლარულ დიელექტრიკებს. არსებობს

	ნივთიერებები, რომლის მოლეკულები ბუნებრივად პოლარიზებულია, ანუ წარმოადგენენ დიპოლებს. მაგალითად, წყალი. ბუნებაში გვხვდება იონური დიელექტრიკებიც, მაგალითად, სუფრის მარილი. მასწავლებელი აღწერს მისი მოლეკულის და კრისტალური მესრის სტრუქტურას. მიზანი: არაპოლარული და პოლარული დიელექტრიკის გაცნობა. არაპოლარული დიელექტრიკის პოლარიზაციის პროცესის აღწერა. აქტივობა 3. მინილექცია. ფრონტალური კითხვები. სითბური მოძრაობის გამო ბუნებრივ დიელექტრიკებში დიპოლები ქაოტურადაა ორიენტირებული. რა მიმართულების ძალები იმოქმედებს დიპოლის დადებით და უარყოფით ბოლოებზე? რას გამოიწვევს მათი მოქმედება? მასწავლებელი მიჰყვება პარაგრაფში მოყვანილ მსჯელობას და აღწერს დიელექტრიკის კიდებზე ინდუცირებული მუხტების გაჩენის მექანიზმს. სვამს კითხვას: როგორაა მიმართული ინდუცირებული მუხტების შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობა გარე ველის დამაბულობის მიმართ? რას გამოიწვევს ველთა ასეთი ორიენტაცია? მოსწავლეები მასწავლებლის მინიშნებებით ასკვნიან, რომ დიელექტრიკში ელექტრული ველი შესუსტდება. რატომ ვერ აკომპენსირებს ინდუცირებული მუხტების ელექტრული ველი გარე ელექტრულ ველს? სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს, თუ რამდენჯერ ნაკლებია ელექტრული ველის დამაბულობის მოდული დიელექტრიკში, ვაკუუმთან შედარებით, გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობა ეწოდება, ანუ $\epsilon = \frac{E_0}{E}$. როგორ შეიცვლება ორ წერტილოვან მუხტს შორის კულონური ძალა და წერტილოვანი მუხტის შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობა დიელექტრიკში? მოსწავლეები ასკვნიან, რომ დიელექტრიკში მათთვის ნაცნობი ფორმულები მიიღებს სახეს: $F = k \frac{ q_1 q_2 }{\epsilon r^2}$ და $E = k \frac{ q }{\epsilon r^2}$. მიზანი: გარე ელექტროსტატიკური ველის შესუსტების მექანიზმის აღწერა დიელექტრიკში. დიელექტრიკული შეღწევადობის ცნების შემოტანა და მისი გამოყენებით ნაცნობი ფორმულების ჩაწერა.
რესურსები	სახელმძღვანელო, ვირტუალური ლაბორატორია.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელი აფასებს მოსწავლეებს განმავითარებელი ან განმსაზღვრელი შეფასების მეთოდით.
რეკომენდაციები საშინაო	§ 11 სახელმძღვანელოდან, საკონტროლო კითხვებზე

დავალებისთვის	პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეები გაეცნენ დიელექტრიკების სახეებს. გაიაზრეს დიელექტრიკის პოლარიზაციის პროცესი, გარე ელექტრულ ველში დიელექტრიკის დიპოლების ორიენტაციის მექანიზმი, დიელექტრიკში ელექტრული ველის შესუსტების მოვლენა. გაიაზრეს გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობის არსი. იციან კულონის კანონისა და წერტილოვანი მუხტის ელექტრული ველის დამაბულობის ფორმულები დიელექტრიკულ გარემოში.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. თუ არაპოლარული დიელექტრიკი ელექტრულ ველში არაა მოთავსებული, ატომში ელექტრონის საშუალო მდებარეობა დროის მიხედვით მის შუაშია და ის ატომის დადებითი ბირთვის მდებარეობას ემთხვევა.
2. გარე ელექტრული ველი ატომის ბირთვსა და ელექტრონებზე საპირისპირო მიმართულების ძალით მოქმედებს, რის გამოც დადებითი და უარყოფითი მუხტების განაწილების ცენტრები ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეს წაინაცვლებს, ანუ წარმოიქმნება ელექტრული დიპოლი.
3. დიპოლის დადებითად დამუხტულ ბოლოზე დამაბულობის მიმართულების ძალა იმოქმედებს, უარყოფით ბოლოზე კი – მისი საწინააღმდეგო მიმართულების.
4. დიპოლში დადებითი და უარყოფითი მუხტები ერთმანეთთან ბმულია, ადგილი აქვს მხოლოდ მათ ორიენტირებას, რაც დიელექტრიკის კიდეებზე ვერ შექმნის საპირისპირო ნიშნის მუხტების ისეთ რაოდენობას, რომ ინდუცირებულმა ელექტრულმა ველმა გარე ელექტრული ველის კომპენსირება შეძლოს.
5. მუხტების დიელექტრიკში გადატანა კულონური ძალის შემცირებას იწვევს, ამიტომ ძალის შესანარჩუნებლად მუხტებს შორის მანძილი უნდა შევამციროთ.
6. წყლის დიელექტრიკული შეღწევადობა 81-ის ტოლია, ამიტომ წყალი Na^+Cl^- მოლეკულის იონებს შორის მიზიდვის ძალას ამდენჯერვე ამცირებს, რაც მოლეკულის იოლად დაშლას იწვევს.
7. ვაკუუმის დიელექტრიკული შეღწევადობა 1-ის ტოლადაა მიღებული.
8. დიელექტრიკული შეღწევადობა ერთი და იგივე ფიზიკური სიდიდის შეფარდებითაა განსაზღვრული, ამიტომ მას განზომილება არ აქვს.

ამოცანების ამოხსნა:

11.1 $\epsilon = 4$

11.2 $F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon R^2}$ $\epsilon_1 = 1$ $\epsilon_2 = 2,1$ ძალა შემცირდება 2,1-ჯერ.

11.3 $F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon R^2}$ შემცირდება 90-ჯერ

11.4 $F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2}$ $F_2 = k \frac{|q_1||q_2|}{81x^2}$ $x = \frac{R}{9}$ შევამციროთ 9-ჯერ

11.5 $F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2}$ $F_2 = k \frac{|q_1||q_2|}{4x^2}$ $x = \frac{R}{2}$ $x = 1$ მ

11.6 $E = k \frac{|q|}{\epsilon R^2}$ $E = 63$ ნ/ვ

11.7 $E = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0}$ $\epsilon_1 = 2,1$ $\epsilon_2 = 81$ $\frac{E_2}{E_1} = \frac{21}{810}$ შემცირდა $\frac{810}{21}$ -ჯერ

11.8 $E_1 = k \frac{|q|}{\epsilon_1 R_1^2}$ $E_2 = k \frac{|q|}{\epsilon_2 R_2^2}$ $\frac{E_1}{E_2} = \frac{40}{7}$

11.9 $F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon R^2}$ რაც მეტია დიელექტრიკული შეღწევადობა მით ნაკლებია ძალის მოდული.

$\epsilon_3 < \epsilon_1 < \epsilon_2$

11.10 რამდენჯერაც მეტია ერთ გარემოში ძალწირების სიხშირე მეორე გარემოსთან შედარებით, იმდენჯერ მეტია ელექტრული ველის დამახულობის მოდული პირველი გარემოში, ვიდრე მეორეში. $\frac{\epsilon_{E_1}}{\epsilon_{E_2}} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{3}$

§ 12. ელექტრული ველის მუშაობა მუხტის გადაადგილებისას. მუხტის პოტენციალური ენერგია ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში

გაკვეთილის თემა	ელექტრული ველის მუშაობა მუხტის გადაადგილებისას. მუხტის პოტენციალური ენერგია ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	შეკრულ ტრაექტორიაზე მუხტის გადატანისას ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა ნულის ტოლია; ელექტროსტატიკური ველი პოტენციალურია; $\vec{E}$ დამახულობის ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში წერტილოვანი დადებითი q მუხტის Δd მანძილზე დამახულობის მიმართულებით გადაადგილებისას ველი ასრულებს $A_{ელ} = qE\Delta d$ მუშაობას; q მუხტის პოტენციალური ენერგია $\vec{E}$ დამახულობის ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში ნულოვანი დონიდან d მანძილით დაშორებულ წერტილში გამოითვლება ფორმულით: $W_{პოტ} = qEd$; ელექტროსტატიკური ველის მიერ მუხტის გადატანაზე შესრულებული მუშაობა ტოლია მუხტის პოტენციალური ენერგიის სხვაობისა: $A = W_{პოტ1} - W_{პოტ2}$; თუ ველი დადებით მუშაობას ასრულებს ($A > 0$), მუხტის პოტენციალური ენერგია მცირდება ($W_{პოტ2} < W_{პოტ1}$), კინეტიკური ენერგია კი იზრდება ($W_{კინ2} > W_{კინ1}$); თუ ველი უარყოფით მუშაობას ასრულებს ($A < 0$), მუხტის პოტენციალური ენერგია იზრდება ($W_{პოტ2} > W_{პოტ1}$), კინეტიკური ენერგია კი მცირდება ($W_{კინ2} < W_{კინ1}$);
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა შეძლონ ელექტრულ ველში მუხტის გადაადგილებისას ველის მიერ შესრულებულ მუშაობაზე მსჯელობა, ერთგვაროვანი ველისათვის შეძლონ ამ მუშაობის გამოთვლა. დააკავშირონ ველის მიერ შესრულებული მუშაობა მუხტის პოტენციალური ენერგიის ცვლილებას. გაეცნონ პოტენციალური ენერგიის ფორმულას ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.2; ფიზ.საშ.3.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	ხარაჩოს მეთოდი, მინილექცია, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო	პოტენციალური ველი. შეკრული ტრაექტორია.

ტერმინები	წერტილოვანი მუხტის პოტენციალური ენერგია.
წინარე ცოდნა	სიმძიმის ძალის მუშაობა და მისი კავშირი სხეულის პოტენციალური ენერგიის ცვლილებასთან. სიმძიმის ძალის კონსერვატიულობა. ელექტრული ველის მხრიდან მუხტზე მოქმედი ძალა. ერთგვაროვანი ველი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მასწავლებელი გააცნობს მოსწავლეებს III კომპლექსური დავალების პირობას და სთავაზობს წარმოდგენის ფორმას (მოდელი, პრეზენტაცია). მოსწავლეები გაეცნობიან ეტაპი I, აქტივობა 1-ში მითითებულ ვიდეოს „ლეიდენის ქილა“. მასწავლებელი ყურადღებას ამახვილებს ნივთებზე, რომელთა გამოყენებით შესაძლებელია ლეიდენის ქილის მოდელის დამზადება. ასევე აცნობს მისი დამზადების ინსტრუქციას. სვამს კომპლექსური დავალების პირობის გასააზრებელ კითხვებს. აქტივობა 2. მასწავლებელმა, სასურველია, გარკვეული დრო წინა წლებში განვლილი მასალის გახსენებას დაუთმოს: სიმძიმის ძალა დედამიწის მახლობლად შეიძლება მუდმივად მივიჩნიოთ. m მასის სხეულის ნულოვანი დონიდან ათვლილი h_1 სიმაღლიდან h_2 სიმაღლეზე დაშვებისას სიმძიმის ძალა ასრულებს $A = mgh$ მუშაობას. ეს მუშაობა ტრაექტორიის ფორმაზე დამოკიდებული არ არის და შეკრულ ტრაექტორიაზე ნულის ტოლია. ე.ი. გრავიტაციული ველი პოტენციალურია. ანალოგიურად, წერტილოვანი დადებითი q მუხტის $\vec{E}$ დამაბულობის ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში დამაბულობის მიმართულებით d მანძილზე გადაადგილებისას მუხტზე მოქმედი $\vec{F}_{ელ} = q\vec{E}$ ძალა შეასრულებს მუშაობას, რომელიც ტოლი იქნება: $A_{ელ} = qEd$. ამასთან, გრავიტაციული და კულონური ძალების ცენტრულობის გამო შეიძლება დავასკვნათ, რომ ერთი წერტილიდან მეორეში წერტილოვანი მუხტის გადაადგილებაზე ელექტროსტატიკური ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა არ არის დამოკიდებული ტრაექტორიის ფორმაზე, ის დამოკიდებულია მხოლოდ მუხტის საწყის და საბოლოო მდებარეობაზე და შეკრულ ტრაექტორიაზე მისი მუშაობა ნულის ტოლია. ანუ, ელექტროსტატიკური ველიც პოტენციალურია. მიზანი: გრავიტაციული და კულონური ძალების მუშაობებს შორის მსგავსების წარმოჩენა. საკითხის ინიცირება. აქტივობა 3. მინილექცია, ფრონტალური კითხვები. მასწავლებელმა გამოკითხვით შეიძლება გაახსენოს მოსწავლეებს, რომ m მასის სხეულის პოტენციალური ენერგია ნულოვანი დონიდან ათვლილი h სიმაღლეზე

	mgh-ის ტოლია, ამიტომ სიმძიმის ძალის მუშაობა $A_{სიმძ} = W_{პოტ_1} - W_{პოტ_2}$, ეს ფორმულა, ანალოგიის გამო, მართებულია, ელექტროსტატიკური ველის მუშაობისთვისაც. როგორ გამოისახება დადებითი q მუხტის პოტენციალური ენერგია $\vec{E}$ დაძაბულობის ერთგვაროვანი ელექტრული ველში? სიმძიმის ძალის მუშაობის მსგავსად, ერთგვაროვანი ელექტროსტატიკური ველის მუშაობისათვის ვღებულობთ $A_{ელ} = qEd_1 - qEd_2$ ფორმულას. ე.ი. qEd არის q წერტილოვანი მუხტის პოტენციალური ენერგია $\vec{E}$ დაძაბულობის ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში ნულოვანი დონიდან (უარყოფითად დამუხტული ფირფიტიდან) d მანძილზე: $W_3 = qEd$. შესაბამისად, $A_{ელ} = W_{პოტ_1} - W_{პოტ_2}$. თუ $A_{ელ} > 0$ (დადებითი მუხტი გადაადგილდება ველის მიმართულებით ან უარყოფითი მუხტი – ველის საწინააღმდეგოდ), მაშინ დამუხტული სხეულის პოტენციალური ენერგია მცირდება ($W_{3_1} > W_{3_2}$). ამავე დროს, იზრდება მისი კინეტიკური ენერგია; თუ $A_{ელ} < 0$ (დადებითი მუხტი გადაადგილდება ველის მიმართულების საწინააღმდეგოდ ან უარყოფითი მუხტი – ველის მიმართულებით), მაშინ დამუხტული სხეულის პოტენციალური ენერგია იზრდება ($W_{3_1} < W_{3_2}$). ამავე დროს, მცირდება მისი კინეტიკური ენერგია. მასწავლებელი სვამს III კომპლექსური დავალების, ეტაპი II, ნაბიჯი 1-ის, აქტივობა 1-ში მოყვანილ კითხვებს. მიზანი: ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში მუხტის გადაადგილებისას შესრულებული მუშაობისა და წერტილოვანი მუხტის პოტენციალური ენერგიის გამოთვლა. აქტივობა 4. ამიჯანების ამოხსნა. მიზანი: მიღებული ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	სახელმძღვანელო, ელექტრონული რესურსი.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელმა შეიძლება მოახდინოს განმავითარებელი შეფასება მეთოდით: „მოსწავლისა და მასწავლებლის უკუკავშირი“. შეაფასოს ამოცანების აღქმისა და ამოხსნის უნარი.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 12 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფში მოყვანილ საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში მუხტის გადაადგილებისას ველის შესრულებული მუშაობისა და წერტილოვანი მუხტის

	პოტენციალური ენერგიის გამოთვლა, ველის შესრულებულ მუშაობას აკავშირებენ მუხტის პოტენციალური და კინეტიკური ენერგიის ცვლილებასთან.
--	--

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. ველის ძალწირის მიმართულებით დადებითი მუხტის მოძრაობისას ელექტრული ველი დადებით მუშაობას შეასრულებს, რადგან მუხტზე მოქმედი ძალისა და მისი გადაადგილების მიმართულება ყველა წერტილში ერთმანეთის თანხვედრილია.
2. ველის ძალწირის მიმართულების საპირისპიროდ უარყოფითი მუხტის მოძრაობისას ელექტრული ველი უარყოფით მუშაობას შეასრულებს, რადგან მუხტზე მოქმედი ძალისა და მისი გადაადგილების მიმართულება ყველა წერტილში ერთმანეთის საწინააღმდეგოა.
3. ველის ძალწირის მართობულად მუხტის გადაადგილებისას ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია, რადგან მუხტზე მოქმედი ელექტრული ძალა ყველა წერტილში გადაადგილების მართობულია.
4. ნულოვან დონედ დადებითად დამუხტული ფირფიტა რომ აგვერძია, მუხტის საწყისი და საბოლოო პოტენციალური ენერგიის მნიშვნელობები შეიცვლებოდა, ველის მიერ შესრულებული მუშაობა კი – არა.
5. თუ ელექტრონი ველის ძალწირის მიმართულებით იმოძრაავს, ელექტრული ველი უარყოფით მუშაობას შეასრულებს. $A = W_{\text{პოტ}1} - W_{\text{პოტ}2}$ ფორმულის თანახმად ეს ნიშნავს, რომ ელექტრონის პოტენციალური ენერგია ველში გაიზრდება, ხოლო ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად, მისი კინეტიკური ენერგია შემცირდება.

ამოცანების ამოხსნა:

- 12.1 ველს, რომლის მუშაობა შეკრულ ტრაექტორიაზე ნულის ტოლია პოტენციალური ველი ეწოდება.
- 12.2 $A = FS \cos \alpha$ $\alpha = 180^\circ$ $A = -FS$
- 12.3 $A = FS \cos \alpha$ $\alpha = 90^\circ$ $A = 0$ $A = -\Delta E_{\text{პოტ}}$ პოტენციური ენერგიის ცვლილება ნულია.
- 12.4 ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა ტრაექტორიის ფორმაზე არაა დამოკიდებული. მუშაობები ტოლია.
- 12.5 $A = -Eq\Delta d$ $A = -8 \cdot 10^{-17}$ ჯ
- 12.6 $A = -Eq\Delta d$ $A = -\Delta E_{\text{პოტ}}$ $\Delta E_{\text{პოტ}} = 14,4 \cdot 10^{-17}$ ჯ
- 12.7 $A = Eq\Delta d$ $\Delta d = 20\sqrt{3}$ სმ $A \approx 2,1 \cdot 10^{-3}$ ჯ
- 12.8 BC უბანზე $\Delta d_1 = 0$ $A_1 = 0$, CA უბანზე $A_2 = -Eq\Delta d_2$ $A_2 = 2,1 \cdot 10^{-3}$ ჯ
- 12.9 $A = \Delta E_{\text{კინ}}$ $A = -Eq\Delta d$ $A = -10,8 \cdot 10^{-5}$ ჯ შემცირდა $10,8 \cdot 10^{-5}$ ჯ-ით.
- 12.10 $A = \Delta E_{\text{კინ}}$ $A = -Eq\Delta d$ $A = -144 \cdot 10^{-6}$ ჯ $E_{\text{კინ}1} = 288 \cdot 10^{-6}$ ჯ $v_1 = 24$ მ/წმ

§ 13. წერტილოვანი მუხტების ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია

გაკვეთილის თემა	წერტილოვანი მუხტების ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ერთმანეთისაგან r მანძილით დაშორებული ორი წერტილოვანი q_1 და q_2 მუხტის პოტენციალური ენერგია გამოისახება ფორმულით: $W_{\text{პოტ}} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}$; ძალიან დიდი მანძილით დაშორებული ორი წერტილოვანი მუხტის პოტენციალური ენერგია ნულის ტოლადაა მიჩნეული; ერთნაირნიშნის მუხტების ურთიერთქმედებისას პოტენციალური ენერგია დადებითია, სხვადასხვანიშნის მუხტების შემთხვევაში კი — უარყოფითი.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა შეძლონ ორი წერტილოვანი მუხტის ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგიის შეფასება და გამოთვლა. ერთმანეთთან დააკავშირონ მუხტების პოტენციალური და კინეტიკური ენერგიების ცვლილებები.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.2; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ხარაჩოს მეთოდი.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ორი წერტილოვანი მუხტის ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია.
წინარე ცოდნა	კულონის კანონი. ელექტრული ველის მუშაობა და მისი კავშირი პოტენციალური ენერგიის ცვლილებასთან. მუშაობის ადიტიურობა.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მინილექცია: მასწავლებელი ფრონტალური კითხვებით ახსენებს მოსწავლეებს, რომ წერტილოვანი მუხტები ურთიერთქმედებენ — მიიზიდებიან ან განიზიდებიან. ე.ი ორ წერტილოვან მუხტს აქვს ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია და მის გამოსათვლელად საჭიროა ვიპოვოთ მუშაობა, რომელსაც ასრულებს ერთი დადებითი წერტილოვანი მუხტის ველი, მასში მეორე წერტილოვანი დადებითი მუხტის გადაადგილებისას. მიზანი: თემის ინიცირება. გაკვეთილის მიზნის გამოკვეთა. აქტივობა 2. მინილექცია: მასწავლებელი ყურადღებას ამახვილებს იმ ფაქტზე, რომ წერტილოვანი მუხტის შექმნილი ელექტროსტატიკური ველი არაერთგვაროვანია, ამიტომ სასინჯ მუხტზე მოქმედი ძალა ცვლადია და მუშაობის გამოთვლა რთულდება.

	მასწავლებელი სთავაზობს სრული მუშაობის გამოთვლას ისეთ მცირე უბნებზე შესრულებული მუშაობების შეკრებით, სადაც მუხტზე მოქმედი ძალა შეიძლება მუდმივად მივიჩნიოთ. მასწავლებელი ამ მეთოდის გამოყენებით პოულობს ელექტრული ველის სრულ მუშაობას მუხტებს შორის მანძილის r_1 - დან r_2-მდე გაზრდისას, რომელიც ტრადიციულად დაკავშირებულია პოტენციალური ენერგიის ცვლილებასთან; შეახსენებს მოსწავლეებს, რომ პოტენციალური ენერგიის განსაზღვრისათვის აუცილებელია მისი ნულოვანი დონის არჩევა; მსჯელობით მიიყვანს მოსწავლეებს, რომ ორი წერტილოვანი მუხტის ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგიისათვის ეს დონე შეესაბამება მათ შორის ძალიან დიდ დაშორებას ($r_2 \rightarrow \infty$). შედეგად, მიიღება პოტენციალური ენერგიის გამოსახულება: $W_{pot} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}$. მასწავლებელი სვამს კითხვებს, პოტენციალური ენერგიის ნიშნის შესახებ და მოსაწავლეებთან ერთად დაასკვნის, რომელ შემთხვევაშია ეს ენერგია დადებითი და რომელ შემთხვევაში — უარყოფითი. მიზანი: ორი წერტილოვანი მუხტის ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგიის ფორმულის დადგენა და ენერგიის ნიშნის შეფასება. აქტივობა 3. ამოცანების ამოხსნა. მიზანი: მიღებული ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	ვირტუალური ლაბორატორია, სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელი აფასებს მოსწავლეებს განმავითარებელი ან განმსაზღვრელი შეფასების მეთოდით.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 13 სახელმძღვანელოდან, პარაგრაფის ბოლოს, დაფიქრდის ნიშნით აღნიშნულ და საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან ორი წერტილოვანი მუხტის ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგიის განსაზღვრა, მისი ნიშნის დადგენა. ერთმანეთთან აკავშირებენ მუხტების პოტენციალური და კინეტიკური ენერგიების ცვლილებებს.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. წერტილოვანი მუხტი არაერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველს ქმნის, ამიტომ მასში მოძრავ მუხტზე მოქმედი ძალა ცვლადია. ცვლადი ძალის მუშაობის გამოთვლა კი უფრო რთულია, ვიდრე მუდმივი ძალის.
2. როცა ერთნაირნიშნის დამუხტული ნაწილაკები ერთმანეთს უახლოვდება, r მცირდება და $W_{\text{პოტ}} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}$ ფორმულის თანახმად, მათი პოტენციალური ენერგია მატულობს. შესაბამისად, იკლებს ნაწილაკების კინეტიკური ენერგია.
3. სხვადასხვანიშნის დამუხტული ნაწილაკების პოტენციალური ენერგია უარყოფითია, ამიტომ, როცა ეს ნაწილაკები ერთმანეთს უახლოვდება, $W_{\text{პოტ}} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}$ ფორმულის თანახმად, პოტენციალური ენერგია იკლებს. შესაბამისად, იზრდება მათი კინეტიკური ენერგია.

ამოცანების ამოხსნა:

13.1 $E_{\text{პოტ}} = k \frac{q_1 q_2}{R} > 0$ მანძილის გაზრდით პოტენციალური ენერგია მცირდება.

13.2 $E_{\text{პოტ}} = k \frac{q_1 q_2}{R} < 0$ მანძილის გაზრდით პოტენციალური ენერგია იზრდება.

13.3 $A = -\Delta E_{\text{პოტ}} \quad A > 0$

13.4 $E_{\text{პოტ}} = k \frac{q_1 q_2}{R} \quad E_{\text{პოტ}} = 27 \text{ ჯ}$

13.5 $E_{\text{პოტ}} = k \frac{q_1 q_2}{R}$ მანძილის 3-ჯერ გაზრდა ენერგიას 3-ჯერ შეამცირებდა. $E_{\text{პოტ1}} = 7,5 \text{ ჯ}$

13.6 $A = -\Delta E_{\text{პოტ}} = E_{\text{პოტ1}} - E_{\text{პოტ2}} \quad E_{\text{პოტ1}} = 0 \quad E_{\text{პოტ2}} = k \frac{q_1 q_2}{R} \quad A = -15,36 \cdot 10^{-28} \text{ ჯ}$

13.7 რადგან გაიზარდა პოტენციალური ენერგია უარყოფითი ყოფილა. $\frac{E_{\text{პოტ1}}}{2} - E_{\text{პოტ1}} = 24 \text{ ჯ}$
 $E_{\text{პოტ1}} = -48 \text{ ჯ}$.

13.8 $A = -\Delta E_{\text{პოტ}} = \Delta E_{\text{კინ}} \quad E_{\text{პოტ1}} = k \frac{q_1 q_2}{R_1} \quad E_{\text{პოტ2}} = k \frac{q_1 q_2}{R_2} \quad \Delta E_{\text{კინ}} = -288 \cdot 10^{-9} \text{ ჯ}$. შემცირდა $288 \cdot 10^{-9} \text{ ჯ}$ -ით.

13.9 $A = -\Delta E_{\text{პოტ}} = \Delta E_{\text{კინ}} \quad E_{\text{პოტ1}} - E_{\text{პოტ2}} = 2E_{\text{კინ}} \quad E_{\text{კინ}} = 17,28 \cdot 10^{-29} \text{ ჯ}$

13.10 მაქსიმალური სიჩქარე ექნებათ მაშინ, როცა ისე დაშორდებიან ერთმანეთს, რომ პოტენციალური ენერგია განუღდება. $E_{\text{პოტ1}} - E_{\text{პოტ2}} = 2E_{\text{კინ}} \quad k \frac{q_1 q_2}{R} = mv^2 \quad v = 3 \text{ მ/წმ}$

§ 14. პოტენციალი. პოტენციალთა სხვაობა. წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალი

გაკვეთილის თემა	პოტენციალი. პოტენციალთა სხვაობა. წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალი.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ელექტროსტატიკური ველის წერტილის პოტენციალი ეწოდება მასში მოთავსებული წერტილოვანი მუხტის პოტენციალური ენერგიის შეფარდებას მუხტთან. $\varphi = \frac{W_{\text{პოტ}}}{q_0}$; ელექტროსტატიკური ელექტრული ველის ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობა (ძაბვა) ტოლია საწყისი წერტილიდან ბოლო წერტილში ველის მიერ მუხტის გადატანაზე შესრულებული მუშაობის შეფარდებისა ამ მუხტთან: $U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q_0};$ SI-ში პოტენციალთა სხვაობის ერთეულია 1ვოლტი(ვ). ის ველის იმ ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობის ტოლია, რომელთა შორის 1 კ მუხტის გადატანისას ელექტრული ველი 1 ჯ მუშაობას ასრულებს: $1 \text{ ვ} = 1 \text{ ჯ}/1\text{კ};$ ერთგვაროვანი ელექტრული ველის პოტენციალი რაიმე წერტილში გამოითვლება ფორმულით: $\varphi = Ed$; წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალი რაიმე წერტილში გამოითვლება ფორმულით: $\varphi = \frac{kq}{er}$; თუ ელექტრული ველი შექმნილია რამდენიმე მუხტით, მაშინ ველის ჯამური პოტენციალი რაიმე წერტილში თითოეული მუხტის მიერ ამ წერტილში შექმნილი ველის პოტენციალების ჯამის ტოლია: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n;$ კინეტიკურ ენერგიას, რომელსაც შეიძენს ელექტრონი ელექტროსტატიკური ველის დაბალი პოტენციალის წერტილიდან მაღალი პოტენციალის წერტილამდე მოძრაობისას, როცა ამ წერტილებს შორის ძაბვა 1 ვ-ია, 1 ელექტრონვოლტი ეწოდება. 1ევ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ჯ.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეები შეძლონ: ელექტრული ველის მოცემული წერტილის პოტენციალის და ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობის გააზრება, ერთგვაროვანი და წერტილოვანი მუხტის ველების პოტენციალის გამოსათვლელი ფორმულების გამოყენება. რაიმე წერტილში რამდენიმე მუხტით შექმნილი ჯამური პოტენციალის გამოთვლა. ენერგიის სისტემის გარეშე

	ერთეულის — 1 ელექტრონვოლტის წარმოდგენა და ჯოულთან მისი დაკავშირება.
ესგ-შედები, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.2; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ხარაჩოს მეთოდი.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	პოტენციალი, პოტენციალთა სხვაობა, ძაბვა, ელექტრონვოლტი.
წინარე ცოდნა	მუხტის პოტენციალური ენერგია ერთგვაროვან ელექტროსტატიკურ ველში. ორი წერტილოვანი მუხტის ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია. კავშირი ელექტრული ელექტრული ველის მუშაობასა და მუხტის პოტენციალური ენერგიის სხვაობას შორის.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მინილექცია: მასწავლებელი გაახსენებს მოსწავლეებს, რომ ელექტროსტატიკურ ველში q_0 სასინჯი მუხტის პოტენციალური ენერგია ამ მუხტის პროპორციულია ($W_3 = q_0 Ed$, $W_{მოტ} = k \frac{q q_0}{\epsilon r}$) და ბუნებრივად მიჰყავს მოსწავლეები დასკვნამდე: პოტენციალური ენერგიის შეფარდება თვით სასინჯ მუხტთან, ამ უკანასკნელზე დამოკიდებული არ არის. ამ ფაქტის გამო ეს შეფარდება გამოდგება ელექტრული ველის ენერგეტიკულ მახასიათებლად. აქ მასწავლებელს შეუძლია მოსწავლეებს შეახსენოს, რომ ანალოგიურად შემოღებულ იქნა ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელი — დამაბულობა. მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა2. მინილექცია: მასწავლებელს შემოაქვს ველის წერტილის პოტენციალის ცნება: $\varphi = \frac{W_{მოტ}}{q_0}$. ველის წერტილის პოტენციალი განსაზღვრავს ამ წერტილში მოთავსებული მუხტის პოტენციალურ ენერგიას. ერთი წერტილიდან მეორეში მუხტის გადატანაზე ველის შესრულებული მუშაობა კი ამ წერტილების პოტენციალთა სხვაობით განისაზღვრება: $A = q_0(\varphi_1 - \varphi_2)$. პოტენციალთა სხვაობას ძაბვას უწოდებენ და U ასოთი აღნიშნავენ: $U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q_0}$. შემდეგ მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად ადგენს პოტენციალთა სხვაობის (პოტენციალის) ერთეულის აზრს და მის განზომილებას. მასწავლებელს შემოაქვს ამ ერთეულის სახელი — ვოლტი. მიზანი: პოტენციალის და პოტენციალთა სხვაობის ცნებების შემოღება. აქტივობა 3. მინილექცია: მასწავლებელი მოსწავლეების ჩართულობით ადგენს ერთგვაროვანი ელექტრული ველისა და წერტილოვანი მუხტის შექმნილი ველის წერტილის პოტენციალის ფორმულებს: $\varphi = \frac{q_0 Ed}{q_0} = Ed$,

	$\varphi = \frac{kq}{\epsilon r}$. ამასთან, მასწავლებელი ყურადღებას ამახვილებს პოტენციალის ნულოვან დონეზე ორივე შემთხვევაში. აღნიშნავს, რომ წერტილოვანი მუხტის ველის პოტენციალის ფორმულა მართებულია თანაბრად დამუხტული სფეროს ზედაპირისა და მის გარეთ მდებარე წერტილებისათვის, ოღონდ მანძილი სფეროს ცენტრიდან უნდა აითვალოს. მასწავლებელი შეახსენებს მოსწავლეებს, ელექტრული ველების სუპერპოზიციის პრინციპს და აღნიშნავს, რომ ველის დამაბულობის ანალოგიურად, ველის რაიმე წერტილში ჯამური პოტენციალი ცალკეული მუხტების მიერ შექმნილი ველების პოტენციალთა ჯამის ტოლია: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$. მასწავლებელს შემოაქვს ენერგიის სისტემის გარეშე ერთეული — 1 ელექტრონვოლტი და აკავშირებს მას ჯოულთან. მასწავლებელი მოსწავლეებს აჩვენებს ეტაპი II, ნაბიჯი 1-ის, აქტივობა 3-ში და აქტივობა 4-ში მითითებულ ვირტუალურ ლაბორატორიას, უტარებს სამუშაოს ჩატარების ინსტრუქციას. ცდის ჩატარების შემდეგ მოსწავლეები პასუხობენ ამ აქტივობებში დასმულ შეკითხვებს. მიზანი: ერთგვაროვანი ელექტრული ველისა და წერტილოვანი მუხტის შექმნილი ველის წერტილის პოტენციალის ფორმულების მიღება. ველების სუპერპოზიციის პრინციპის გამოყენების გააზრება ჯამური პოტენციალისათვის. აქტივობა 4. ამოცანების ამოხსნა. მიზანი: მიღებული ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	ვირტუალური ლაბორატორია, სახელმძღვანელო.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელი აფასებს მოსწავლეებს განმავითარებელი ან განმსაზღვრელი შეფასების მეთოდით.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 14 სახელმძღვანელოდან, საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებს შეუძლიათ: ელექტრული ველის მოცემული წერტილის პოტენციალის და ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობის გააზრება, ერთგვაროვანი და წერტილოვანი მუხტის ველების პოტენციალის გამოსათვლელი ფორმულების გამოყენება. რაიმე წერტილში რამდენიმე მუხტით შექმნილი ჯამური პოტენციალის გამოთვლა. ენერგიის სისტემის გარეშე ერთეულის — 1 ელექტრონვოლტის წარმოდგენა და ჯოულთან მისი დაკავშირება.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. პოტენციალი ელექტრული ველის ენერგეტიკული მახასიათებელია – თუ ვიცით ველის რაიმე წერტილის პოტენციალი, ვიპოვით მასში მოთავსებული მუხტის პოტენციალურ ენერგიას.
2. R რადიუსის მქონე თანაბრად დამუხტული სფეროს მიერ შექმნილი ელექტროსტატიკური ველის პოტენციალი სფეროს ზედაპირზე და მის გარეთ მდებარე წერტილებში გამოითვლება ფორმულით: $\varphi = \frac{kq}{\epsilon r}$, როცა $r \geq R$. რომელშიც r მანძილია სფეროს ცენტრიდან მოცემულ წერტილამდე.
3. დადებითი მუხტი დადებით პოტენციალს ქმნის, უარყოფითი – უარყოფითს.
4. მაღალი პოტენციალის მქონე წერტილიდან დაბალი პოტენციალის მქონე წერტილში პროტონის გადასვლისას ელექტრული ველი დადებით მუშაობას ასრულებს, ამიტომ პროტონის კინეტიკური ენერგია იმატებს.

ამოცანების ამოხსნა:

$$14.1 \quad \varphi = \frac{E_{\text{პოტ}}}{q} \quad \varphi = 3 \text{ ვ}$$

$$14.2 \quad \varphi = k \frac{q}{R} \quad \varphi = 960 \text{ ვ}$$

$$14.3 \quad \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{R_2}{R_1} = 4 \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} = 16$$

$$14.4 \quad \varphi_1 = k \frac{q}{R_1} \quad \varphi_2 = k \frac{q}{R_2} \quad \varphi_1 - \varphi_2 = 36000 \text{ ვ}$$

$$14.5 \quad \varphi_1 = k \frac{q_1}{R} \quad \varphi_2 = k \frac{q_2}{R} \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 1296 \text{ ვ}$$

$$14.6 \quad \varphi_1 = k \frac{q_1}{R} \quad \varphi_2 = k \frac{q_2}{R} \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad E_{\text{პოტ}} = q\varphi \quad E_{\text{პოტ}} = -6 \cdot 10^{-2} \text{ ჯ}$$

$$14.7 \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad \varphi_1 = k \frac{q_1}{R \pm x} \quad \varphi_2 = k \frac{q_2}{x} \quad \text{პოტენციალი ორ მდებარეობაში იქნება ნულის ტოლი, მცირე მუხტიდან 0,5 მ-ით და 1 მ-ით დაშორებულ წერტილებში}$$

$$14.8 \quad A = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad A = -11 \cdot 10^{-3} \text{ ჯ}$$

$$14.9 \quad A = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad \text{უსასრულოდ დაშორებული წერტილის პოტენციალი ნულია} \quad \varphi_2 = 0.$$

$$\varphi_1 = k \frac{q}{a} + k \frac{q}{a} + k \frac{q}{\sqrt{2}a} = k \frac{q}{a} \cdot \frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \quad A = k \frac{q^2}{a} \cdot \frac{4+\sqrt{2}}{2}$$

$$14.10 \quad \varphi_1 = k \frac{q}{R_1} \quad \varphi_2 = k \frac{q}{R_2} \quad R_1 = k \frac{q}{\varphi_1} \quad R_2 = k \frac{q}{\varphi_2} \quad \varphi_3 = k \frac{q}{\frac{R_1+R_2}{2}} = k \frac{2q}{R_1+R_2} \quad \varphi_3 = \frac{2\varphi_1\varphi_2}{\varphi_1+\varphi_2} \quad \varphi_3 = 80 \text{ ვ}$$

§15. ეკვიპოტენციალური ზედაპირები. კავშირი ერთგვაროვანი ელექტრული ველის დამაბულობასა და პოტენციალთა სხვაობას შორის

გაკვეთილის თემა	ეკვიპოტენციალური ზედაპირები. კავშირი ერთგვაროვანი ელექტრული ველის დამაბულობასა და პოტენციალთა სხვაობას შორის.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ზედაპირს, რომლის ყველა წერტილში ელექტრული ველის პოტენციალს ერთი და იგივე მნიშვნელობა აქვს, ეკვიპოტენციალური ზედაპირი ეწოდება; კავშირი ველის დამაბულობასა და პოტენციალთა სხვაობას შორის ერთგვაროვანი ელექტრული ველისათვის გამოისახება ფორმულით: $E = \frac{U}{d}$; SI-ში 1 ნ/კ-თან ერთად დამაბულობის ერთეულია 1 ვ/მ; ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორი ეკვიპოტენციალური ზედაპირის მართობულია და პოტენციალის კლების მხარესაა მიმართული; ეკვიპოტენციალური ზედაპირების აგებისას, ყოველ ორ მეზობელ ეკვიპოტენციალურ ზედაპირს შორის პოტენციალთა სხვაობა ერთი და იგივეა უნდა იყოს; ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებული გამტარის ყველა წერტილს ერთი და იგივე პოტენციალი აქვს; დამუხტული გამტარის ყველა წერტილს ერთი და იგივე პოტენციალი აქვს.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეები გაეცნონ სივრცეში ველის განაწილების ამსახველ კიდევ ერთ ფორმას — ეკვიპოტენციალურ ზედაპირებს. ერთმანეთთან დააკავშირონ ველის მახასიათებელი ორი ფიზიკური სიდიდე — ველის დამაბულობა და ძაბვა.
ესგ-შედგენი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.2; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ხარაჩოს მეთოდი, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ეკვიპოტენციალური ზედაპირი.
წინარე ცოდნა	მუხტის გადატანაზე ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა. ამ მუშაობის გამოსახვა პოტენციალთა სხვაობით.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. გახსენება. მასწავლებელი ახსენებს მოსწავლეებს ძალის მიერ შესრულებული მუშაობის გამოსათვლელ ფორმულას და ყურადღებას ამახვილებს იმ შემთხვევაზე, როდესაც ძალა გადაადგილებასთან მართ კუთხეს ქმნის. მასწავლებელი სვამს კითხვას: თუ სასინჯი მუხტის გადაადგილება ყოველთვის ველის დამაბულობის მართობულად მოხდება, რა მუშაობას შეასრულებს ელექტრული ველი? რა შეიძლება ითქვას ასეთი გადაადგილებისას მუხტის საწყისი და ბოლო მდებარეობის წერტილების პოტენციალთა სხვაობაზე?

	პოტენციალებზე? მასწავლებლის დახმარებით მოსწავლეები ამ კითხვებზე სწორად პასუხობენ. რა შეიძლება ვუწოდოთ ყველა იმ წერტილისაგან შემდგარ ზედაპირს, რომლის ყველა წერტილს ერთნაირი პოტენციალი აქვს? მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილექცია. ზედაპირს, რომლის ყველა წერტილში ელექტრული ველის პოტენციალს ერთი და იგივე მნიშვნელობა აქვს ეკვიპოტენციალური ზედაპირი ეწოდება. ცხადია, ასეთ ზედაპირზე მოძრაობა მუდმივად ველის დამაბულობის მართობულად გადაადგილებას ნიშნავს. ამიტომ, მაგალითად, წერტილოვანი მუხტის ეკვიპოტენციალური ზედაპირი სფეროა, რომლის ცენტრი მუხტს ემთხვევა. ნებისმიერ შემთხვევაში, ველის ძალწირების მართობულად აგებული ზედაპირი ეკვიპოტენციალურია. მასწავლებელს მოჰყავს დიპოლის ან ერთგვაროვანი ველის ეკვიპოტენციალური ზედაპირების მაგალითებიც. მაგრამ, როგორ სჯობს ამ ზედაპირების გავლენა? ნებისმიერად? ეკვიპოტენციალურ ზედაპირებს ისე აგებენ, რომ პოტენციალთა სხვაობა ორ მეზობელ ზედაპირს შორის მუდმივი იყოს, რაც ველის განაწილების სურათს უფრო მკაფიოს ხდის. გამტარის ზედაპირი ეკვიპოტენციალურია იმიტომ, რომ მის ზედაპირთან დამაბულობა ზედაპირის მართობია. მასწავლებელი მოსწავლეებს უტარებს ინსტრუქციას ეტაპი II, ნაბიჯი 1, აქტივობა 4-ში და აქტივობა 5-ში მითითებული ვირტუალური ლაბორატორიის საშუალებით ეკვიპოტენციალური ზედაპირების მონიშვნის შესახებ. ცდის ჩატარების შემდეგ მოსწავლეები პასუხობენ ამ აქტივობებში დასმულ შეკითხვებს. მიზანი: ეკვიპოტენციალური ზედაპირების გაცნობა. მისი აგების პრინციპის გააზრება. აქტივობა 3. მინილექცია. თუ ერთგვაროვანი ველისათვის მუშაობას ორნაირად გამოვსახავთ, $A = qEd$ და $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$, მივიღებთ: $E = \frac{U}{d}$. ეს ფორმულა ამყარებს კავშირს ველის დამაბულობასა და პოტენციალთა სხვაობას (ძაბვას) შორის. რაც უფრო მეტად იცვლება პოტენციალი მოცემულ მანძილზე, მით მეტია ველის დამაბულობა. ვინაიდან მუხტიდან დაშორებით ველის დამაბულობა იკლებს, შესაბამისად, მატულობს მანძილი ეკვიპოტენციალურ ზედაპირებს შორის. დამაბულობა არა მარტო ნ/კ-ში იზომება, მას ვ/მ-შიც ზომავენ: $1\text{ ნ/კ} = 1\text{ ვ/მ}$. მიზანი: ელექტრული ველის დამაბულობასა და ძაბვას შორის კავშირის დამყარება. დამაბულობის ახალი განზომილებით ჩაწერა. აქტივობა 4. ამოცანების ამოხსნა. მიზანი: ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	სახელმძღვანელ, ვირტუალური ლაბორატორია.

შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელი აფასებს მოსწავლეებს განმავითარებელი ან განმსაზღვრელი შეფასების მეთოდით.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 15 სახელმძღვანელოდან, საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან ეკვიპოტენციალური ზედაპირების აგების წესი. ამ ზედაპირებისა და ძალწირების ურთიერთგანლაგება. ერთმანეთთან აკავშირებენ ველის დამაბულობასა და ძაბვას.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. ეკვიპოტენციალურ ზედაპირზე მუხტის გადაადგილებისას ელექტრული ველი მუშაობას არ ასრულებს. ეს ნიშნავს, რომ ამ გადაადგილებისას მუხტზე მოქმედი ელექტრული ძალა მისი გადაადგილების მართობულია. ე. ი. ველის დამაბულობაც ყოველ წერტილში ეკვიპოტენციალური ზედაპირის მართობულია.
2. ერთგვაროვანი ელექტრული ველის ეკვიპოტენციალური ზედაპირები ველის ძალწირების მართობული, ერთნაირი დაშორებით განლაგებული სიბრტყეებია.
3. წერტილოვანი მუხტის ეკვიპოტენციალური ზედაპირები სფეროებია, რომელთა ცენტრი მუხტის მდებარეობას ემთხვევა.
4. წერტილოვანი მუხტიდან დაშორების მიხედვით, ელექტრული ველის დამაბულობა იკლებს, ამიტომ ერთნაირი პოტენციალთა სხვაობის მიხედვით აგებულ ეკვიპოტენციალურ ზედაპირებს შორის მანძილი იმატებს.
5. გამტარის ზედაპირის ყველა წერტილის პოტენციალი ერთნაირი იმიტომ, რომ ნებისმიერ შემთხვევაში გამტარის ზედაპირთან ველის დამაბულობის წირები მისი ზედაპირის მართობულია.

ამოცანების ამოხსნა:

15.1 $A=q(\varphi_1-\varphi_2)$ $\varphi_1=\varphi_2$ $A=0$

15.2 $A_1=q(\varphi_A-\varphi_B)$ $A_2=q(\varphi_A-\varphi_C)$ $\varphi_A=\varphi_C$ $A_1=A_2$

15.3 ძალწირის მიმართულებით პოტენციალი მცირდება. $\varphi_A<\varphi_B$

$$15.4 \quad u = E\Delta d \quad u = 500 \text{ ვ}$$

$$15.5 \quad u = Ed \quad u = 4.5 \text{ ვ}$$

$$15.6 \quad E = \frac{u}{d} \quad E = 6000 \text{ ვ/მ}$$

15.7 გამტარის ზედაპირზე და მის შიგნით ყველა წერტილის პოტენციალი ერთნაირია.

$$15.8 \quad \varphi = k \frac{q}{R} \quad \varphi = 400 \text{ ვ}$$

$$15.9 \quad \varphi_1 = k \frac{q}{R} = 100 \text{ ვ} \quad \varphi_2 = k \frac{q}{2R} = 50 \text{ ვ}$$

15.10 რადგან ცენტრიდან დაშორების 5-ჯერ გაზრდამ პოტენციალი 5-ჯერ არ შეამცირა ცენტრიდან 2სმ-ით დაშორებული წერტილი ბურთულის შიგნითაა. 10 სმ მანძილზე კი პოტენციალი 2-ჯერ ნაკლებია ვიდრე ბურთულის პოტენციალი. ე.ი ბურთულის რადიუსი 10 სმ-ის ნახევარია. $R = 5 \text{ სმ}$

§ 16. მუხტის განაწილება ზედაპირის სიმრუდის რადიუსის მიხედვით

გაკვეთილის თემა	მუხტის განაწილება ზედაპირის სიმრუდის რადიუსის მიხედვით.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	სფეროებზე მუხტი მათი რადიუსების პროპორციულად ნაწილდება. რაც უფრო დიდია სფეროს რადიუსი, მით მეტ მუხტს დაიტევს მისი ზედაპირი; რაც უფრო ნაკლებია დამუხტული გამტარის სიმრუდის რადიუსი, მით მეტია მასზე მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე.
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეები გაეცნონ მუხტის გადანაწილებას სფერულ გამტარ სხეულებს შორის, ასევე ელექტრული ველის დამაბულობისა და მუხტის ზედაპირული სიმკვრივის ზედაპირის სიმრუდეზე დამოკიდებულებას.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.2; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ხარაჩოს მეთოდი, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	სიმრუდის რადიუსი, პოტენციალი, ელექტრული ველის დამაბულობა, მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე.
წინარე ცოდნა	მუხტის მუდმივობის კანონი, დამუხტული სფეროს ელექტრული ველის დამაბულობა და ზედაპირის პოტენციალი, მუხტის გადატანაზე ველის მიერ შესრულებული მუშაობა.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მინილექცია და ფრონტალური კითხვები. სვამს კითხვას: როგორ განაწილდება ელექტრული მუხტი ორ დამუხტულ სხვადასხვა რადიუსის სფერულ გამტარს შორის, თუ მათ წვრილი მავთულით შევავრთებთ? მოსწავლეები გამოთქვამენ თავიანთ ვარაუდს საბოლოო შედეგზე. შემდეგ მასწავლებელს შეუძლია დასვას ასეთი კითხვა: როდის შეწყდება მუხტის გადანაწილების პროცესი მათ შორის? მასწავლებლის ხელშეწყობით მოსწავლეები მიდიან სწორ პასუხამდე: ეს პროცესი მაშინ შეწყდება, როდესაც სფეროთა პოტენციალები ერთმანეთს გაუტოლდება. მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილექცია და ფრონტალური კითხვები. ვიხილავთ სხვადასხვა რადიუსისა და მუხტის მქონე ორ სფეროს. მოსწავლეები იხსენებენ დამუხტული სფეროს ზედაპირის პოტენციალის ფორმულას და უტოლებენ სფეროთა პოტენციალებს ერთმანეთს. რწმუნდებიან იმაში, რომ სფეროები მათი რადიუსის პროპორციულ მუხტებს შეიძენენ. შემდეგ მუხტის მუდმივობის კანონის გამოყენებით მასწავლებელი ფორმულით გამოსახავს თითოეული სფეროების შეძენილ მუხტს მათი რადიუსებისა და საწყისი მუხტების გამოყენებით.

	განიხილავს ტოლი რადიუსის სფეროების კერძო შემთხვევას და შედეგად იღებს მათ შორის მუხტის თანაბარ განაწილებას. მასწავლებელი შეკითხვით ახსენებს მოსწავლეებს დამუხტული სფეროს ველის დამაბულობის ფორმულას მის ზედაპირზე. მისი გამოყენებით იღებს სფეროების ზედაპირთან ველის დამაბულობის ფორმულას, საიდანაც ჩანს, რომ ეს დამაბულობები შესაბამისი რადიუსების უკუპროპორციულია, ანუ მცირე სიმრუდის რადიუსის ზედაპირზე დამაბულობა და მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე მეტია. მიზანი: მუხტის, ელექტრული ველის დამაბულობისა და მუხტის ზედაპირული სიმკვრივის განაწილების დადგენა სიმრუდის რადიუსის მიხედვით. აქტივობა 3. ამოცანების ამოხსნა. მიზანი: ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	სახელმძღვანელო, ვირტუალური ლაბორატორია.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელი აფასებს მოსწავლეებს განმავითარებელი ან განმსაზღვრელი შეფასების მეთოდით.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 16 სახელმძღვანელოდან საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეები იციან მუხტის გადანაწილება სფერულ გამტარ სხეულებს შორის. ასევე ელექტრული ველის დამაბულობისა და მუხტის ზედაპირული სიმკვრივის ზედაპირის სიმრუდეზე დამოკიდებულება.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. ორი სფეროს გამტარით შეერთებისას მათ შორის მუხტის გადანაწილების პროცესი მაშინ შეწყდება, როცა მათი პოტენციალები ერთმანეთს გაუტოლდება.
2. ორი ერთნაირი გამტარი სფეროს შეერთებისას მათ შორის მუხტი თანაბრად ნაწილდება.

ამოცანების ამოხსნა:

16.1 $q = \frac{q_1 + q_2}{2}$ მეორე ბურთულაზე გადაცემული მუხტი იქნება -16 ნკ. $n = \frac{q}{e}$ $n=10^{11}$

16.2 $q = \frac{q_1 + q_2}{2}$ $q=2$ ნკ

16.3 $F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{R^2}$ $F_2 = k \frac{q_3^2}{R^2}$ $q_3 = \frac{q_1 + q_2}{2} = 3q$ $\frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{3}$ შემცირდება 3-ჯერ

16.4 $E_{პოტ1} = k \frac{q_1 q_2}{R}$ $E_{პოტ2} = k \frac{q_3^2}{R}$ $q_3 = \frac{q_1 + q_2}{2}$ $\frac{E_{პოტ2}}{E_{პოტ1}} = \frac{25}{16}$ გაიზრდება 25/16-ჯერ

16.5 $\varphi_1 = k \frac{q_1}{R}$ $\varphi_2 = k \frac{q_2}{R}$ $\varphi = k \frac{q_3}{R}$ $q_3 = \frac{q_1 + q_2}{2}$ $\varphi = 150$ ვ

16.6 $\varphi = k \frac{q}{R}$ $q = S\sigma = 4\pi R^2\sigma$ $\varphi = k \frac{4\pi R^2\sigma}{R}$ $\varphi = 4k\pi\sigma R$ $4k\pi\sigma_1 \cdot R = 4k\pi\sigma_2 \cdot 2R$ $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{2}{1}$

16.7 პოტენციალების გატოლების შემდეგ $\varphi_1 = \varphi_2$ $\varphi_1 = k \frac{q_1}{R_1}$ $\varphi_2 = k \frac{q_2}{R_2}$ $\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1}{R_2}$ სადაც $q_1 + q_2 = 12$ მკვ. $q_1 = 3$ მკვ $q_2 = 9$ მკვ

16.8 პოტენციალების გატოლების შემდეგ $\varphi_1 = \varphi_2$ $\varphi_1 = k \frac{q_1}{R_1}$ $\varphi_2 = k \frac{q_2}{R_2}$ $\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1}{R_2}$ სადაც $q_1 + q_2 = -15$ მკვ. $q_1 = -3$ მკვ $q_2 = -12$ მკვ

16.9 პოტენციალების გატოლების შემდეგ $\varphi_1 = \varphi_2$ $\varphi_1 = k \frac{q_1}{R_1}$ $\varphi_2 = k \frac{q_2}{R_2}$ $\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1}{R_2}$ სადაც $q_1 + q_2 = 14$ მკვ. $q_1 = 6$ მკვ $q_2 = 8$ მკვ $\varphi = 180$ ვ

16.10 რადგან მუხტის ზედაპირული სიმკვრივეები ტოლი აქვთ მეორე ბურთულას მუხტი იმდენჯერ მეტი იქნება რამდენჯერაც მეტია ზედაპირის ფართობი. $q_1 = q$ $q_2 = 4q$. მუხტის გადანაწილების შემდეგ $q'_1 = \frac{5q}{3}$ $q'_2 = \frac{10q}{3}$. რამდენჯერაც შეიცვალა მუხტი ბურთულებზე იმდენჯერვე შეიცვალა მუხტის ზედაპირული სიმკვრივეები მათზე. $\sigma_1 = 15 \cdot 10^{-12}$ კ/სმ² $\sigma_2 = 7,5 \cdot 10^{-12}$ კ/სმ²

§17. ელექტროტევადობა

გაკვეთილის თემა	ელექტროტევადობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	გამხოლოებული გამტარის ზედაპირის პოტენციალი მისი მუხტის პირდაპირპროპორციულია; ნებისმიერი ფორმის გამტარის მუხტის შეფარდება მის პოტენციალთან მუხტის სიდიდეზე დამოკიდებული არ არის და განისაზღვრება მხოლოდ მისი გეომეტრიული ზომებით და გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობით; განმხოლოებული გამტარის ელექტროტევადობა ეწოდება მისი q მუხტის შეფარდებას φ პოტენციალთან: $C = \frac{q}{\varphi};$ SI-ში ელექტროტევადობის ერთეულია 1 ფარადა. ეს იმ გამტარის ელექტროტევადობაა, რომლის პოტენციალი იზრდება 1 ვ-ით მისთვის 1 კ მუხტის გადაცემისას; არაგანმხოლოებული გამტარი სხეულის ელექტროტევადობა მისი გარემომცველი სხეულების მდებარეობაზეა დამოკიდებული.
გაკვეთილის მიზანი	გამტარის ელექტროტევადობის ცნების გააზრება. გამტარი სფეროს ელექტროტევადობის ფორმულის მიღება. ელექტროტევადობის ერთეულის შემოღება და გამტარის ელექტროტევადობის გარემომცველ სხეულებზე დამოკიდებულების დადგენა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.2; ;ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია „ხარაჩოს მეთოდი, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	ელექტროტევადობა, ფარადა, გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობა.
წინარე ცოდნა	დამუხტული სფეროს ზედაპირის პოტენციალი.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მინილექცია და ფრონტალური კითხვები. რა მოხდება, თუ გამტარის მუხტს თანდათანობით გავზრდით? მუხტის მატებასთან ერთად მოიმატებს დამუხტულ ნაწილაკებს შორის განზიდვის ძალები და როდესაც მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე ძალიან გაიზრდება, დამუხტული ნაწილაკი გამტარის დატოვებას დაიწყებს. ეს ნიშნავს, რომ გამტარს მხოლოდ განსაზღვრული მუხტის დაგროვება შეუძლია მსგავსად ჭურჭლისა, რომელიც მხოლოდ თავისი ტევადობის შესაბამისი მოცულობის სითხეს იტევს. მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილექცია, ცდა და ფრონტალური კითხვები. რა ფორმულით განისაზღვრება დამუხტული გამტარი სფეროს ზედაპირის პოტენციალი? როგორი დამოკიდებულებაა მის პოტენციალსა და მუხტს შორის?

	რაზე არ იქნება დამოკიდებული მუხტის შეფარდება პოტენციალთან? რითი განისაზღვრება ეს შეფარდება? მინიშნებებით, მასწავლებელს მოსწავლეები მიჰყავს ამ კითხვების სწორ პასუხებამდე. მასწავლებელი აღნიშნავს, რომ მიღებული შედეგი მართებულია არა მარტო სფერული, არამედ ნებისმიერი განმხოლოებული გამტარისთვისაც, ამის საილუსტრაციოდ მასწავლებელს შეუძლია პარაგრაფში აღწერილი ცდის ჩატარება. ნებისმიერი ფორმის გამტარის მუხტის შეფარდება მის პოტენციალთან მუხტის სიდიდეზე დამოკიდებული არ არის და განისაზღვრება მხოლოდ მისი გეომეტრიული ზომებით და გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობით. ამ შეფარდებას განმხოლოებული გამტარის ელექტროტევადობა ეწოდება. $C = \frac{q}{\phi}$. SI-ში ელექტროტევადობის ერთეულია 1 ფარადა. მასწავლებელი უხსნის მოსწავლეებს ამ ერთეულის ფიზიკურ აზრს. მიზანი: ელექტროტევადობის ცნების შემოტანა და მისი გააზრება. ელექტროტევადობის ერთეულის გაცნობა. აქტივობა 3. მინილექცია. ცდა. ელექტროტევადობის ზოგადი ფორმულიდან მასწავლებელს გამოჰყავს სფერული გამტარის ელექტროტევადობის ფორმულა. მისი ანალიზით აჩვენებს, რომ 1 ფ ტევადობა აქვს გამტარ სფეროს, რომლის რადიუსი 9 მილიონი კილომეტრია. ამიტომ 1 ფარადა ძალიან დიდი ტევადობაა და პრაქტიკაში გამოიყენება მისი წილადი სხვა ერთეულები. მოსწავლეები მასწავლებლის დახმარებით ატარებენ პარაგრაფში აღწერილ ცდას და რწმუნდებიან იმაში, რომ არაგანმხოლოებული გამტარის ელექტროტევადობა მის ირგვლივ არსებული საგნების მდებარეობაზეა დამოკიდებული. მიზანი: ფარადა ელექტროტევადობის სიდიდის შეფასება. არაგანმხოლოებული გამტარის ელექტროტევადობაზე მის ირგვლივ არსებული სხეულების გავლენის დამტკიცება. აქტივობა 4. ამოცანების ამოხსნა. მიზანი: ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	სახელმძღვანელო, ელექტრომეტრი, გამტარი ბურთულა იზოლატორის სახელოვით, ვირტუალური ლაბორატორია.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელი აფასებს მოსწავლეებს განმავითარებელი ან განმსაზღვრელი შეფასების მეთოდით.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 17 სახელმძღვანელოდან საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.

გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა გაიაზრეს გამტარის ელექტროტევადობა. იციან ელექტროტევადობის ფორმულა, მათ შორის გამტარი სფეროს ელექტროტევადობისა. იციან ელექტროტევადობის ერთეული და აფასებენ მის სიდიდეს. იციან გამტარის ელექტროტევადობის გარემომცველ სხეულებზე დამოკიდებულება.
-------------------------------------	---

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. განმხოლოებული ეწოდება გამტარს, რომელიც სხვა სხეულებიდან ძალიან დიდი მანძილითაა დაშორებული. ამასთან, განმხოლოებული გამტარი ელექტრულად იზოლირებულია.
2. 1 ფარადა ცხრა მილიონი კილომეტრი რადიუსის მქონე გამტარი სფეროს ელექტროტევადობაა. ამიტომ ის ძალიან დიდი ტევადობაა.
3. ელექტროტევადობა გამტარის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეა და ის დაუმუხტავ გამტარსაც აქვს, მსგავსად მოცულობისა, რომელიც აქვს ჭურჭელს იმის მიუხედავად, მასში სითხე ასხია თუ არა.
4. დამუხტულ გამტართან სხვა სხეულის მიახლოებისას სხეულში ინდუცირებული მუხტები წარმოიქმნება, რომელიც გამტარის პოტენციალის ცვლილებას იწვევს. ვინაიდან გამტარის მუხტი უცვლელია, ამიტომ შეიცვლება მისი ელექტროტევადობა.

ამოცანების ამოხსნა:

17.1 $C = \frac{q}{\varphi}$ $C = 0.3$ მკფ

17.2 $q = C\varphi$ $q = 6$ ნკ

17.3 $q = C\varphi$ $n = \frac{q}{e}$ $n = 1875 \cdot 10^{11}$

17.4 $C = \frac{R}{K}$ $\frac{C_1}{C_2} = 2$ პირველის ტევადობა 2-ჯერ მეტია მეორისაზე.

17.5 $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 R}{k}$ $C = 2.7$ ნ/ფ

17.6 $\varphi = \frac{q}{C}$ რამდენჯერაც გაიზრდება ტევადობა იმდენჯერ შემცირდება პოტენციალი. პოტენციალი შემცირდება 8-ჯერ.

17.7 $R = Ck$ $R = 45$ სმ. გამტარის შიგნით პოტენციალი ზედაპირის პოტენციალის ტოლია.

17.8 $R = Ck$ $R = 27$ სმ $\varphi = k \frac{q}{R} = 540$ ვ $\varphi_1 = k \frac{q}{3R} = 180$ ვ

17.9 $R = Ck$ $R = 18$ სმ გამტარის შიგნით დამატებულია ნულია.

17.10 $R = Ck$ $R = 36$ სმ $\varphi = k \frac{q}{R}$ $E = k \frac{|q|}{R^2}$ $E = \frac{\varphi}{R}$ $E = 2000$ ვ/მ

§18. კონდენსატორი. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა

გაკვეთილის თემა	კონდენსატორი. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	ერთმანეთისაგან დიელექტრიკის თხელი ფენით გამოყოფილ ორი გამტარისგან შემდგარ სისტემას კონდენსატორი ეწოდება; არსებობს ბრტყელი, სფერული, ცილინდრული და სხვა სახის კონდენსატორები; კონდენსატორის ერთ-ერთი შემონაფენის მუხტის მოდულს, კონდენსატორის მუხტი ეწოდება; კონდენსატორის მუხტის შეფარდებას შემონაფენებს შორის ძაბვასთან კონდენსატორის ელექტროტევადობა ეწოდება. $C = \frac{q}{U}$; ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა დამოკიდებულია შემონაფენების ფართობზე, მათ შორის მანძილზე, გარემოს დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე და გამოითვლება ფორმულით: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$.
გაკვეთილის მიზანი	ელექტრული ხელსაწყო — კონდენსატორის დანიშნულების, აგებულების და სახეების გაცნობა. კონდენსატორის ტევადობისა და ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობის ფორმულების მიღება და ანალიზი.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.2; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ხარაჩოს მეთოდი, ცდა, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	კონდენსატორი, კონდენსატორის შემონაფენები, კონდენსატორის ელექტროტევადობა, ბრტყელი, სფერული და ცილინდრული კონდენსატორები.
წინარე ცოდნა	ელექტროტევადობა. თანაბრად დამუხტული სიბრტყის ელექტრული ველის დამაბულობა.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მინილექცია. ცდა. ფრონტალური კითხვები. ელექტრული მუხტის დაგროვებას ელექტროტექნიკაში დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. როგორ შეიძლება გავზარდოთ გამტარის მუხტის დაგროვების უნარი? მოსწავლეები გამოთქვამენ ვარაუდს. მასწავლებელი სთავაზობს მოსწავლეებს სადემონსტრაციო ცდას, რომელიც პარაგრაფშია აღწერილი. ცდის შედეგის ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ დამუხტული ფირფიტის გვერდზე დამიწებული ფირფიტის მოთავსება ზრდის დამუხტული ფირფიტის მუხტს, ანუ ზრდის მუხტის

	დაგროვების უნარს. მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილექცია. ერთმანეთისაგან დიელექტრიკის თხელი ფენით გამოყოფილ ორი გამტარისგან შემდგარ სისტემას კონდენსატორი ეწოდება. ამ გამტარებს კონდენსატორის შემონაფენები ეწოდება, ხოლო ერთ-ერთი შემონაფენის მუხტის მოდულს — კონდენსატორის მუხტი. მასწავლებელი აცნობს მოსწავლეებს კონდენსატორების სახეებს და აჩვენებს კონდენსატორის სქემატურ აღნიშვნას. განმხილოებული გამტარის ანალოგიურად, კონდენსატორის შემონაფენებს შორის ძაბვა მისი მუხტის პროპორციულია. ამიტომ კონდენსატორის მუხტის შეფარდება მის შემონაფენებს შორის ძაბვასთან მოცემული კონდენსატორისათვის მუდმივი სიდიდეა და მას კონდენსატორის ელექტროტევადობა ეწოდება, ანუ $C = \frac{q}{U}$. კონდენსატორის ელექტროტევადობის ერთეულიც 1 ფარადაა. მასწავლებელი აცნობს მოსწავლეებს კონდენსატორის შექმნის ისტორიას და პირველ კონდენსატორს — ლეიდენის ქილას, რომელიც ყველა ელექტროფორული მანქანის ნაწილია. მიზანი: კონდენსატორის და მისი სახეების გაცნობა. კონდენსატორის ელექტროტევადობის ცნების შემოტანა. აქტივობა 3. მინილექცია. ცდა. ფრონტალური კითხვები. მასწავლებელი ახსენებს მოსწავლეებს მოდულით ტოლი და საპირისპირო ნიშნით დამუხტული ორი ბრტყელი პარალელურ ფირფიტას შორის შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობის ფორმულას. ეკითხება მოსწავლეებს, რა ფორმულით გამოისახება კავშირი დამუხტულ ფირფიტებს შორის ძაბვასა და ელექტრული ველის დამაბულობას შორის. მოსწავლეებს მასწავლებლის დახმარებით გამოყავთ ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობის ფორმულა: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$. როგორ იცვლება ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა მის შემონაფენებს შორის მანძილის გაზრდით(შემცირებით), შემონაფენების გადაფარვის ფართობის გაზრდით(შემცირებით) შემონაფენებს შორის ჰაერის ნაცვლად მყარი დიელექტრიკის მოთავსებისას? პასუხების სისწორის შესამოწმებლად მასწავლებელი მოსწავლეების ჩართულობით ატარებს შესაბამის სადემონსტრაციო ცდებს. და პასუხობენ ეტაპი II, ნაბიჯი 2, აქტივობა 3-ის კითხვებს.
--	---

	მიზანი: ბრტყელი კონდენსატორის ფორმულის მიღება, მისი ანალიზი და ცდით შემოწმება. აქტივობა 4. ამოცანების ამოხსნა. მიზანი: ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	სახელმძღვანელო, ელექტრომეტრი, შტატივზე იზოლატორით დამაგრებული ორი ბრტყელი ფირფიტა, ვირტუალური ლაბორატორია.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელი აფასებს მოსწავლეებს განმავითარებელი ან განმსაზღვრელი შეფასების მეთოდით.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 18 სახელმძღვანელოდან, საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეები ერკვევიან ელექტრული ხელსაწყო — კონდენსატორის დანიშნულებასა და აგებულებას. იციან კონდენსატორის სახეები, ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობის გამოსათვლელი ფორმულა და შეუძლიათ მისი ანალიზი.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. დამუხტულ გამტარ ფირფიტასთან მეორე, დამიწებული ფირფიტის მიახლოებისას მასზე დამუხტული ფირფიტის საპირისპირო მუხტი ჩნდება, რომლის ელექტრული ველი არადამიწებული ფირფიტის მუხტს იზიდავს და ამით მისი მუხტის დაგროვების უნარს ზრდის.
2. კონდენსატორის დანიშნულებაა დააგროვოს ელექტრული მუხტი, ე.ი. ელექტრული ენერგია და შემდეგ საჭიროების მიხედვით დაიხარჯოს ის.
3. $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ ფორმულის თანახმად, შემონაფენებს შორის მანძილის გაზრდით კონდენსატორის ელექტროტევადობა მცირდება, ასევე მცირდება ის შემონაფენების ფართობის შემცირებისას.
4. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა მის შემონაფენებს შორის მოთავსებული გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობის პროპორციულია, ამიტომ ჰაერის მინით ჩანაცვლება მის ელექტროტევადობას გაზრდის.

ამოცანების ამოხსნა:

$$18.1 \quad q_1 = CU_1 \quad q_2 = CU_2 \quad q_2 - q_1 = C(U_2 - U_1) \quad C = \frac{q_2 - q_1}{u_2 - u_1} \quad C = 250 \text{ პფ}$$

18.2 კონდენსატორის ტევადობა მასზე მოდებული ძაბვაზე არაა დამოკიდებული.

$$18.3 \quad c = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} \quad C = 17.7 \text{ პფ}$$

$$18.4 \quad C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_1 \varepsilon_0 S}{d_1} \quad C_2 = \frac{\varepsilon \varepsilon_2 \varepsilon_0 S}{d_2} \quad \frac{C_2}{C_1} = 3 \quad \text{გაიზრდება 3-ჯერ}$$

$$18.5 \quad C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \quad C_2 = \frac{3\varepsilon \varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \quad \text{ტევადობა გაიზრდება 3-ჯერ. } c = \frac{q}{u} \quad C_1 = 300 \text{ პფ} \quad C_2 = 900 \text{ პფ}$$
$$q_2 = C_2 u_2 \quad q_2 = 360 \text{ ნკ}$$

18.6 $u = \frac{q}{c}$ რამდენჯერაც შემცირდა ძაბვა იმდენჯერ გაზრდილა ელექტროტევადობა. $c = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$ რამდენჯერაც გაიზარდა ელექტროტევადობა იმდენჯერ გაზრდილა დიელექტრიკის დიელექტრიკული შეღწევადობა. $\varepsilon_1 = 1 \quad \varepsilon_2 = 4$

$$18.7 \quad \frac{c_2}{c_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \quad q_1 = C_1 U \quad q_2 = C_2 U \quad \frac{q_2}{q_1} = \frac{c_2}{c_1} \quad 11\text{-ჯერ გაიზარდა}$$

$$18.8 \quad E = \frac{u}{d} \quad \text{არ იცვლება არც ძაბვა და არც ფირფიტებს შორის მანძილი}$$

$$18.9 \quad u = Ed \quad q = cu \quad q = 15 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$$

$$18.10 \quad c = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} \quad S_1 = 100 \text{ სმ}^2 \quad S_2 = 80 \text{ სმ}^2 \quad \frac{c_1}{c_2} = \frac{S_1}{S_2} \quad c_2 = 160 \text{ პფ}$$

§ 19. კონდენსატორების შეერთება

გაკვეთილის თემა	კონდენსატორების შეერთება.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებით მიღებული ბატარეის ელექტროტევადობის შებრუნებული სიდიდე თითოეული კონდენსატორის ელექტროტევადობის შებრუნებული სიდიდეების ჯამის ტოლია: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$; კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას მათი საერთო ელექტროტევადობა თითოეული კონდენსატორის ტევადობების ჯამის ტოლია: $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$.
გაკვეთილის მიზანი	კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთების შესწავლა.
ესგ-შედგენი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.2; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ხარაჩოს მეთოდი, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	კონდენსატორი, მიმდევრობითი შეერთება, პარალელური შეერთება.
წინარე ცოდნა	კონდენსატორის ელექტროტევადობა. ელექტრული მუხტის კრებადობა.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მინილექცია. ელექტროტექნიკაში საჭიროა სხვადასხვა ელექტროტევადობის კონდენსატორების გამოყენება. ქარხნული წარმოების კონდენსატორებს მხოლოდ განსაზღვრული ელექტროტევადობები აქვს. ამიტომ ხშირად იქმნება იმის საჭიროება, რომ კონდენსატორთა მოცემული ნაკრებიდან სასურველი ტევადობა მივიღოთ. ამისათვის კონდენსატორების მიმდევრობით ან პარალელურ შეერთებას იყენებენ. მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილექცია. ფრონტალური კითხვები. ორი კონდენსატორის მიმდევრობითი შეერთებისას, პირველი კონდენსატორის უარყოფითად დამუხტული შემონაფენი შეერთებულია მეორე კონდენსატორის დადებითად დამუხტულ შემონაფენთან. ორივე კონდენსატორის შიდა შემონაფენები და მათი შემაერთებელი გამტარი მთლიანობაში ელექტრულად ნეიტრალურია. ამიტომ, როდესაც ერთ მათგანზე $- q $ მუხტი ჩნდება, მეორეზე აუცილებლად გაჩნდება $+ q $

მუხტი. თუ პირველი კონდენსატორის განაპირა შემონაფენის მუხტია $+|q|$, მაშინ მეორე შემონაფენზე ელექტროსტატიკური ინდუქციის შედეგად გაჩნდება $-|q|$ მუხტი. ამრიგად, კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებისას მათი მუხტები ტოლია. აქვს თუ არა ერთნაირი პოტენციალი ორივე კონდენსატორის შიდა შემონაფენებს? რატომ? მასწავლებელი შემოტანილი აღნიშვნებით ჩაწერს ორივე კონდენსატორისა და მთლიანი ბატარეის ელექტროტევადობის ფორმულებს. მათზე დაყრდნობით იღებს შედეგს: კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებით მიღებული ბატარეის ელექტროტევადობის შებრუნებული სიდიდე თითოეული კონდენსატორის ელექტროტევადობის შებრუნებული სიდიდეების ჯამის ტოლია:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

ამ ფორმულის მარტივი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ბატარეის ტევადობა მასში შემავალი ყველაზე მცირე ტევადობაზეც ნაკლებია. ამიტომ ასეთი შეერთება უფრო მცირე ტევადობის მისაღებად გამოყენება.

მიზანი: კონდენსატორთა მიმდევრობითი შეერთების შესწავლა.

აქტივობა 3. მინილექცია. ფრონტალური კითხვები.

კონდენსატორთა პარალელური შეერთებისას დადებითად დამუხტული შემონაფენები ერთადაა შეერთებული და უარყოფითები — ერთად. არის თუ არა ასეთი შეერთებისას ძაბვა ორივე კონდენსატორზე ერთნაირი? რატომ? არის თუ არა ბატარეის მუხტი ცალკეული კონდენსატორების მუხტების ჯამის ტოლი? რატომ? მასწავლებელი შემოტანილი აღნიშვნებით ჩაწერს ორივე კონდენსატორისა და მთლიანი ბატარეის ელექტროტევადობის ფორმულებს; სარგებლობს მუხტის კრებადობის პრინციპით და იღებს შედეგს:

კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას ბატარეის ელექტროტევადობა თითოეული კონდენსატორის ტევადობების ჯამის ტოლია:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n.$$

ამ ფორმულიდან კი ჩანს, რომ ბატარეის

ელექტროტევადობა ნებისმიერი კონდენსატორის

ელექტროტევადობაზე მეტია. ანუ, ასეთი შეერთება

	უფრო მეტი ტევადობის მისაღებად გამოიყენება. მიზანი: კონდენსატორების პარალელური შეერთების შესწავლა. აქტივობა 4. მასწავლებელი რესურს 4-ს საშუალებით მოსწავლეებს აჩვენებს კონდენსატორების სხვადასხვა შეერთებას.(აქტივობა 8) და უსვამს შესაბამის კითხვებს. აქტივობა 5. ამოცანების ამოხსნა. მიზანი: ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	სახელმძღვანელო, ელექტრომეტრი, ვირტუალური ლაბორატორია.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელი აფასებს მოსწავლეებს განმავითარებელი ან განმსაზღვრელი შეფასების მეთოდით.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 19 სახელმძღვანელოდან, საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება, ბატარეის ელექტროტევადობის გამოთვლა.

პასუხები დაფიქრდის ნიშნით მოცემულ კითხვებზე:

1. კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთების კანონის თანახმად, $\frac{1}{C} = n \cdot \frac{1}{C_0}$, საიდანაც $C = \frac{C_0}{n}$. ანუ, ბატარეის ტევადობა n -ჯერ ნაკლებია ერთი კონდენსატორის ტევადობაზე.
2. კონდენსატორების პარალელური შეერთების კანონის თანახმად, $C = n \cdot C_0$. ანუ, საერთო ტევადობა n -ჯერ მეტია ერთი კონდენსატორის ტევადობაზე.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

3. კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება იმისთვის გამოიყენება, რომ კონდენსატორების მოცემული ნაკრებისაგან სასურველი ტევადობის ბატარეა მიიღონ.
4. თუ პირველი კონდენსატორის განაპირა შემონაფენის მუხტია $+|q|$, მაშინ მეორე შემონაფენზე ელექტროსტატიკური ინდუქციის შედეგად ჩნდება $-|q|$ მუხტი. შიდა შემონაფენები და მათი შემაერთებელი გამტარი მთლიანობაში ელექტრულად ნეიტრალურია, ამიტომ, თუ პირველი კონდენსატორის შიგა შემონაფენზე გაჩნდა $-|q|$ მუხტი, მეორე კონდენსატორის შიდა შემონაფენზე გაჩნდება $+|q|$ მუხტი და ა.შ.

5. კონდენსატორთა პარალელური შეერთებისას დადებითად დამუხტული შემონაფენები ერთ კვანდადაა შეერთებული და უარყოფითები – ერთად, ამიტომ პოტენციალთა სხვაობა ყველა კონდენსატორის შემონაფენებს შორის ერთნაირია.
6. კონდენსატორთა მიმდევრობითი შეერთებისას ბატარეის ტევადობა მათ შორის ნებისმიერი კონდენსატორის ტევადობაზე ნაკლებია, პარალელური შეერთებისას კი – ნებისმიერ ტევადობაზე მეტი.

ამოცანების ამოხსნა:

$$19.1 \quad \frac{1}{c} = \frac{l}{c_1} + \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_1} \quad c = \frac{c_1}{3} \quad C=6 \text{ მკვ}$$

$$19.2 \quad c = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} \quad q = cu \quad q=10^{-4} \text{ კ}$$

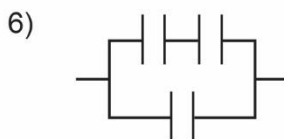
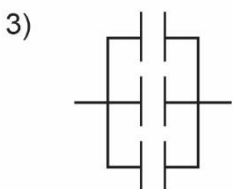
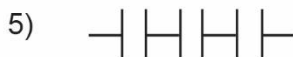
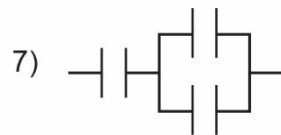
19.3 მიმდევრობითი შეერთების დროს ძაბვა ტევადობათა უკუპროპორციულად ნაწილდება. შესაბამისად $U_1=64 \text{ ვ}$ $U_2=16 \text{ ვ}$ $U_3=4 \text{ ვ}$ $U_2+U_3=20 \text{ ვ}$

$$19.4 \quad c = c_1 + c_1 + c_1 + c_1 \quad C = 4C_1 \quad C=68 \text{ ნფ}$$

$$19.5 \quad c_1 = \frac{c}{10} \quad c_2 = 10c \quad \frac{c_2}{c_1} = 100 \quad \text{გაიზრდება } 100\text{-ჯერ}$$

$$19.6 \quad c = c_1 + c_2 + c_3 \quad u = \frac{q}{c} \quad q_1 = uc_1 \quad q_2 = uc_2 \quad q_3 = uc_3 \quad u = 600 \text{ ვ} \quad q_1 = 3 \text{ მკვ} \quad q_2 = 6 \text{ მკვ} \quad q_3 = 24 \text{ მკვ}$$

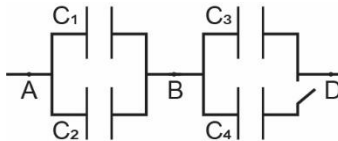
$$19.7 \quad 12 \text{ ნფ}, 24 \text{ ნფ}, 36 \text{ ნფ}, 6 \text{ ნფ}, 4 \text{ ნფ}, 18 \text{ ნფ}, 8 \text{ ნფ} \text{ (სურ.2)}$$



(სურ.2)

$$19.8 \quad c_5 = c_1 + c_2 \quad c_6 = c_3 + c_4 \quad c = \frac{c_5 c_6}{c_5 + c_6} \quad C = \frac{56}{11} \text{ პფ}$$

19.9 ჩამრთველის ჩართვამდე: $C_{AB} = C_1 + C_2$ $C_{BD} = C_3$ $C_0 = \frac{C_{AB} C_{BD}}{C_{AB} + C_{BD}}$ ჩამრთველის ჩართვის შემდეგ: $C_{AB} = C_1 + C_2$ $C_{BD} = C_3 + C_4$ $C = \frac{C_{AB} C_{BD}}{C_{AB} + C_{BD}}$ გაიზრდება 9 პფ-ით (სურ. 3).



(სურ. 3)

19.10 მეორე კონდენსატორის ტევადობა გაიზრდება 3-ჯერ. მანამდე თუ ძაბვა ორ ტოლ ნაწილად იყოფოდა ახლა ტევადობების უკუპროპორციულად განაწილდება. $u_1 = \frac{u}{2}$ $u'_1 = \frac{3u}{4}$ გაიზრდება 1,5-ჯერ

§ 20. დამუხტული კონდენსატორის ენერგია

გაკვეთილის თემა	დამუხტული კონდენსატორის ენერგია.
თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	დამუხტულ კონდენსატორს აქვს ელექტრული ველის ენერგია; დამუხტულ კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგია გამოისახება ფორმულით: $W_{\text{ელ}} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C};$ ბრტყელი დამუხტული კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგიის გამოსათვლელი ფორმულაა: $W_{\text{ელ}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S U^2}{2d};$ ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ტოლია რაიმე მოცულობაში კონცენტრირებული ელექტრული ველის ენერგიის ფარდობისა ამ მოცულობასთან ელექტრული ველის სიმკვრივე ეწოდება: $\omega = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2}.$
გაკვეთილის მიზანი	მოსწავლეებმა გაიაზრონ, რომ დამუხტულ კონდენსატორს აქვს ელექტრული ენერგია და ისწავლონ ამ ენერგიის რაოდენობის გამოთვლა.
ესგ-შედეგი, ინდიკატორები	ფიზ.საშ.1; ფიზ.საშ.2; ფიზ.საშ.3; ფიზ.საშ.4.
გამოყენებული მეთოდები და სტრატეგიები	მინილექცია, ხარაჩოს მეთოდი, ცდა, ფრონტალური კითხვები.
გამოყენებული საკვანძო ტერმინები	კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგია, ველის ენერგიის სიმკვრივე.
წინარე ცოდნა	კონდენსატორის ელექტროტევადობა. ელექტრული ველის მუშაობა მუხტის გადაადგილებისას. კავშირი ამ მუშაობასა და მუხტის პოტენციალური ენერგიის ცვლილებას შორის.
აქტივობები/დრო/ორგანიზების ფორმები	აქტივობა 1. მინილექცია. ცდა. ფრონტალური კითხვები. დამუხტულ კონდენსატორს ენერგია აქვს, ამაში შეიძლება დავრწმუნდეთ მარტივი ცდით: თუ დამუხტული კონდენსატორის შემონაფენებს მავთულით ნათურასთან შევაერთებთ, კონდენსატორი განიმუხტება და ნათურა წამიერად გაანათებს. კონდენსატორის განმუხტვისას ელექტრული მუხტი გადაიტანება ერთი შემონაფენიდან მეორეზე, ამ დროს ელექტრული ველი მუშაობას ასრულებს. აქვს თუ არა სისტემას ენერგია, რომელსაც მუშაობის შესრულება შეუძლია? რა სახის ენერგიაა ის, პოტენციალური თუ კინეტიკური? რატომ? მიზანი: თემის ინიცირება. აქტივობა 2. მინილექცია. სისტემის ენერგია იმ მუშაობით განისაზღვრება, რომლის შესრულებაც მას შეუძლია. დამუხტული კონდენსატორის შემონაფენები ერთმანეთს გარკვეული ძალით იზიდავს. თუ მათ

თავისუფალი მოძრაობის საშუალება მიეცემათ, ისინი ამოძრავდებიან ვიდრე ერთმანეთს არ მიედებიათ. ამ პროცესში ველის მიერ შესრულებული მუშაობა არის კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგიის ტოლი. მასწავლებელი მიჰყვება სახელმძღვანელოში წარმოდგენილ მსჯელობას და გამოითვლის ბრტყელი კონდენსატორის შემონაფენების დაახლოებისას ველის მიერ შესრულებულ მუშაობას, ე.ი. კონდენსატორის ენერგიას: $W_{\text{კოტ}} = \frac{qU}{2}$, რომელშიც q კონდენსატორის მუხტია, ხოლო U – ძაბვა შემონაფენებს შორის. $q = CU$ ფორმულის გათვალისწინებით მოსწავლეები ჩაწერენ კონდენსატორის ენერგიას სხვა სახით:

$$W_{\text{კოტ}} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}.$$

მიზანი: დამუხტული კონდენსატორის ენერგიის ფორმულის მიღება.

აქტივობა 3. მინილექცია. ფრონტალური კითხვები. რა ფორმულით გამოითვლება ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა? მოსწავლეები

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \text{ გამოსახულების } W_{\text{კოტ}} = \frac{CU^2}{2} \text{ ფორმულაში}$$

ჩასმით იღებენ ბრტყელი კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგიის გამოსახულებას: $W_{\text{კოტ}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S U^2}{2d}$. შემდეგ კი $U = Ed$ ფორმულის გათვალისწინებით $W_{\text{კოტ}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} Sd$

გამოსახულებას. მასწავლებელი სვამს კითხვას: რა მოცულობაშია კონცენტრირებული ეს ენერგია? ის თავმოყრილია შემონაფენებს შორის $V = Sd$ მოცულობაში, ამიტომ ველის ენერგიის ამ მოცულობაზე გაყოფით მიიღება ერთეულ მოცულობაში კონცენტრირებული ელექტრული ველის ენერგია-ველის ენერგიის სიმკვრივე: $w = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2}$. ეს ფორმულა იმითაა მნიშვნელოვანი, რომ მართებულია ნებისმიერი კონდენსატორისათვის. რატომ? მასში არ შედის კონდენსატორის არც ერთი გეომეტრიული მახასიათებელი.

მოსწავლეები ატარებენ ცდებს ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით მასწავლებლის მიერ მითითებული ინსტრუქციით (იხ. III კომპლექსური დავალება, ეტაპი II, ნაბიჯი 2, აქტივობა 4, აქტივობა 6, აქტივობა 7) და პასუხობენ შესაბამის კითხვებს.

მიზანი: ბრტყელი კონდენსატორის ველის ენერგიისა და კონდენსატორის ველის ენერგიის სიმკვრივის ფორმულების გამოყვანა და მათი ანალიზი.

აქტივობა 4. მოსწავლეები ლეიდენის ქილის მოდელის დახმარებით ატარებენ III კომპლექსური დავალება, ეტაპი II, ნაბიჯი 2, აქტივობა 5-ში აღწერილ ცდას და

	პასუხობენ შეკითხვებს. აქტივობა 5: ამოცანების ამოხსნა. მიზანი: ცოდნის განმტკიცება.
რესურსები	სახელმძღვანელო, ვირტუალური ლაბორატორია.
შეფასების კრიტერიუმი	მასწავლებელი აფასებს მოსწავლეებს განმავითარებელი ან განმსაზღვრელი შეფასების მეთოდით.
რეკომენდაციები საშინაო დავალებისთვის	§ 20 სახელმძღვანელოდან, საკონტროლო კითხვებზე პასუხის გაცემა. ამოცანების ამოხსნა.
გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევი შედეგები	მოსწავლეებმა იციან დამუხტული კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგიის გამოსათვლელი ფორმულები და შეუძლიათ ამ ენერგიის გამოთვლა ბრტყელი კონდენსატორისთვისაც. გააზრებული აქვთ ველის ენერგიის სიმკვრივის არსი და იციან, როგორ იპოვონ ის.

საკონტროლო კითხვების პასუხები:

1. თუ დამუხტული კონდენსატორის შემონაფენებს მავთულით ნათურასთან შევაერთებთ, კონდენსატორი განიმუხტება და ნათურა წამიერად გაანათებს. კონდენსატორის ენერგია გადადის ჯერ სითბურ, შემდეგ კი სინათლის ენერგიაში. სხვანაირად, კონდენსატორის განიმუხტვისას ერთი შემონაფენიდან მეორეზე მუხტის გადატანისას ელექტრული ველი მუშაობას ასრულებს. ეს კი ნიშნავს, რომ დამუხტულ კონდენსატორს ენერგია აქვს.
2. დამუხტული კონდენსატორის ენერგია იმ მუშაობის ტოლია, რომელსაც შეასრულებდა ელექტრული ძალა კონდენსატორის შემონაფენების ერთმანეთისაკენ თავისუფლად მოძრაობისას მათ შეხებამდე. სხვანაირად, რომელსაც შეასრულებს ელექტრული ველი მუხტების გადაადგილებაზე კონდენსატორის მთლიანად განიმუხტვისას.
3. ველის ენერგიის სიმკვრივე გვიჩვენებს ელექტრული ველის ენერგიას, რომელიც მოცულობის ერთეულშია თავმოყრილი.
4. ველის ენერგიის სიმკვრივის ფორმულის გამოყენება ნებისმიერი კონდენსატორისათვის იმიტომ შეიძლება, რომ მასში კონდენსატორის არც ერთი გეომეტრიული მახასიათებელი არ შედის.

ამოცანების ამოხსნა:

$$20.1 \quad w = \frac{cu^2}{2} \quad w=24.5 \text{ მჯ}$$

$$20.2 \quad w = \frac{q^2}{2c} \quad w=0.4 \text{ ჯ}$$

$$20.3 \quad w = \frac{cu^2}{2} \quad \text{გაიზრდება 4-ჯერ}$$

20.4 $w = \frac{q^2}{2c}$ მუხტის 3-ჯერ გაზრდა ენერგიას 9-ჯერ გაზრდის. $8w_1=0.48$ ჯ $w_1=0.06$ ჯ

20.5 $c = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$ ტევადობა გაიზრდება 2,5-ჯერ. $w = \frac{cu^2}{2}$ ენერგიაც გაიზრდება 2,5-ჯერ

20.6 რადგან გამორთულია ძაბვის წყაროდან მუხტი აღარ შეიცვლება. $c = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$ ტევადობა გაიზრდება 2-ჯერ. $w = \frac{q^2}{2c}$ ენერგია შემცირდება 2-ჯერ

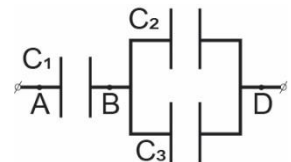
20.7 რადგან გამორთულია ძაბვის წყაროდან მუხტი აღარ შეიცვლება. $E = \frac{\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon \varepsilon_0 S}$ $\omega = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2}$ დაძაბულობის მოდულიც და ენერგიის სიმკვრივეც შემცირდება 6-ჯერ

20.8 პირველი კონდენსატორის ტევადობა შემცირდება 3-ჯერ. ძაბვა მანაბდე თუ თანაბრად იყო განაწილებული $u_1 = \frac{u}{2}$ $u_2 = \frac{u}{2}$, ახლა $u_1 = \frac{3u}{4}$ $u_2 = \frac{u}{4}$. მეორე კონდენსატორს ტევადობა არ შეეცვალა და მასზე ძაბვა შემცირდა 2-ჯერ, შესაბამისად მისი ენერგია შემცირდება 4-ჯერ. პირველ კონდენსატორზე ძაბვა გაიზარდა 1,5-ჯერ, ამიტომ მისი ენერგია შემცირდება $\frac{4}{3}$ -ჯერ.

20.9 $w = \frac{q^2}{2c}$ მიმდევრობითი შეერთების დროს კონდენსატორებზე დაგროვილი მუხტი თანაბარია. შესაბამისად რამდენჯერაც მეტია ტევადობა ერთი კონდენსატორის მეორეზე იმდენჯერ ნაკლებია მისი ენერგია. $2C(0.18$ ჯ) $4C(0.09$ ჯ) $6C(0.06$ ჯ)

20.10 $C_{AB} = 3C$ $C_{BD} = 9C$ (სურ. 4). რადგან AB უბნის ტევადობა 3-ჯერ ნაკლებია BD უბნის ტევადობაზე, ამიტომ მასზე 3-ჯერ მეტი ძაბვა იქნება ვიდრე BD-ზე. $u_{AB} = 3u$ $u_{BD} = u$ $w_1 = \frac{c_1 u_1^2}{2} = \frac{27cu^2}{2}$

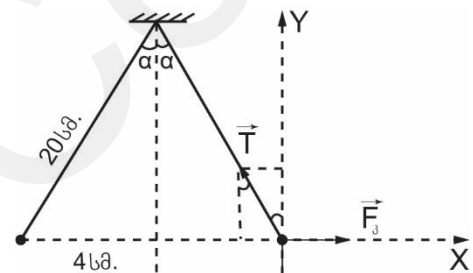
$w_2 = \frac{c_2 u_2^2}{2} = \frac{3cu^2}{2}$ $w_3 = \frac{c_3 u_3^2}{2} = \frac{6cu^2}{2}$ $w_2 = \frac{80}{3}$ მჯ $w_3 = \frac{160}{3}$ მჯ.



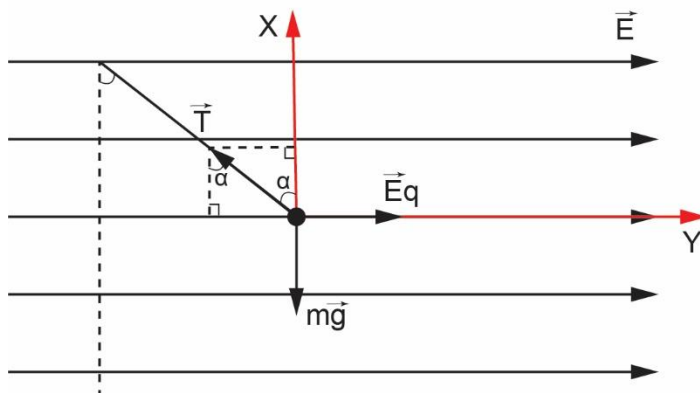
(სურ. 4)

შემაჯამებელი ამოცანების ამოხსნები:

- ბურთულების თავდაპირველი მუხტები აღვნიშნოთ როგორც $4q$, მათ შორის მანძილი კი $2R$. $F = k \frac{16q^2}{4R^2}$ ბურთულების შეხების შემდეგ მუხტები გადანაწილდება შემდეგნაირად: $q_1=2q$; $q_2=3q$; $q_3=3q$; მესამე ბურთულაზე მოქმედი ძალები იქნება $F_1 = k \frac{6q^2}{R^2}$ $F_2 = k \frac{9q^2}{R^2}$ $F' = F_2 - F_1 = k \frac{3q^2}{R^2}$ $F' = 1,2 \cdot 645 \cdot 10^{-7} \text{ ნ}$
- $q_1=q_2=q_3=4 \text{ ნკ}$. პირველ ბურთულაზე იმოქმედებს დანარჩენი ორი ბურთულა $F_1 = k \frac{q^2}{R^2}$ $F_2 = k \frac{q^2}{4R^2}$ სადაც $q=4 \text{ ნკ}$; $R=20 \text{ სმ}$. $F = F_2 + F_1$ $F=45 \cdot 10^{-7} \text{ ნ}$
- განვიხილოთ ორი შემთხვევა, როცა მესამე მუხტი მოთავსებულია პირველ და მეორე მუხტებს შორის და როცა მესამე მუხტი მოთავსებულია მათ გარეთ.
 $F_1=k \frac{|q_1||q_2|}{R_1^2}$ $F_2=k \frac{|q_1||q_3|}{R_2^2}$ $R_1=4 \text{ სმ}$ $R_2=2 \text{ სმ}$ $F_1=F_2$ $q_3=+0.75 \text{ ნკ}$
 $F_1=k \frac{|q_1||q_2|}{R_1^2}$ $F_2=k \frac{|q_1||q_3|}{R_3^2}$ $R_1=4 \text{ სმ}$ $R_3=2 \text{ სმ}$ $F_1=F_2$ $q_3=-0.75 \text{ ნკ}$
- ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად $m\vec{g} + \vec{F}_3 + \vec{T} = m\vec{a}$. მოცემული გამოსახულება დავწეროთ გეგმილებში (სურ. 5). (y) - $mg + T\cos\alpha = 0$ $T = mg/\cos\alpha$
(x) $F_3 - T\sin\alpha = 0$ $T = F_3/\sin\alpha$ მიღებული გამოსახულებების გატოლებით მივიღებთ, რომ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}$ $F_3 = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$ $F_3 = k \frac{q^2}{R^2}$
 $q \approx 8,4 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$.
- ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად $m\vec{g} + \vec{F}_3 + \vec{T} = m\vec{a}$. მოცემული გამოსახულება დავწეროთ გეგმილებში (სურ. 5). (y) - $mg + T\cos\alpha = 0$ $T = mg/\cos\alpha$
(x) $F_3 - T\sin\alpha = 0$ $T = F_3/\sin\alpha$ მიღებული გამოსახულებების გატოლებით მივიღებთ, რომ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}$ $F_3 = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$
 $F_3 = k \frac{q^2}{R^2}$ $T \approx 2 \text{ ნ}$ $m \approx 2,5 \text{ გ}$
- ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად $m\vec{g} + \vec{E}q + \vec{T} = m\vec{a}$. მოცემული გამოსახულება დავწეროთ გეგმილებში (სურ. 6). (y) - $mg + T\cos\alpha = 0$ $T = mg/\cos\alpha$
(x) $Eq - T\sin\alpha = 0$ $T = Eq/\sin\alpha$ მიღებული გამოსახულებების გატოლებით მივიღებთ, რომ $\operatorname{tg} \alpha = Eq/mg$ $\operatorname{tg} \alpha = 2$.



(სურ. 5)



(სურ. 6)

7. წერტილოვანი მუხტის მიერ შექმნილი დაძაბულობის მოდული როგორც ვიცი

$$\text{განისაზღვრება ფორმულით: } E_1 = k \frac{|q|}{\epsilon \epsilon R_1^2} \quad E_2 = k \frac{|q|}{\epsilon \epsilon R_2^2} \quad E_3 = k \frac{|q|}{\epsilon \epsilon R_3^2} \quad \frac{E_1 = R_2^2}{E_2 = R_1^2} \quad \frac{R_2 = 3x}{R_1 = x}$$

$$R_3 = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad R_3 = 2x \quad E_3 = \frac{E_1}{4} \quad E_3 = 675 \text{ ვ/მ}$$

8. მოპირდაპირე წვეროებში განლაგებული ერთნაირი მუხტების მიერ შექმნილი დაძაბულობები გააბათილებს ერთმანეთს. დაგვრჩება +2q და -q მუხტების მიერ

$$\text{შექმნილი ველი. } E_1 = k \frac{|2q|}{\epsilon a^2} = k \frac{4q}{\epsilon a^2} \quad E_2 = k \frac{|q|}{\epsilon a^2} = k \frac{2q}{\epsilon a^2} \quad E = E_1 + E_2 \quad E = \frac{6kq}{a^2}$$

9. $E_1 = E_0 - E$ $E_2 = E_0 + E$ სადაც E_0 არის ველის დაძაბულობა ფირფიტის შეტანამდე, ხოლო E ფირფიტის მიერ შექმნილი დაძაბულობა. სისტემის ამოხსნით მივიღებთ, რომ $E = \frac{E_1 - E_2}{2}$ $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ $\sigma = \epsilon \epsilon_0 (E_2 - E_1)$

$$10. F = Eq \quad a = \frac{F}{m} \quad t = \sqrt{\frac{2d}{a}} \quad 1) v = at \quad \Delta p = mv \quad 2) \Delta p = Ft \quad \Delta p = \sqrt{2mdEq}$$

$$11. E_1 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad E_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \quad E = \frac{\sqrt{2}\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$12. E_1 = \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0 \epsilon} \quad E_2 = \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0 \epsilon} \quad E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \alpha} \quad E \approx \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0}$$

$$13. E_{პოტ1} = k \frac{q_1 q_2}{R_1} \quad E_{პოტ2} = k \frac{q_1 q_2}{R_2} \quad \Delta E_{პოტ} = 9 \cdot 10^{-7} \text{ ჯ} \quad \Delta E_{პოტ} = 5,625 \text{ ტეჰ}$$

$$14. A = \Delta E_{პოტ} \quad E_{პოტ1} = 0 \quad E_{პოტ2} = k \frac{q^2}{R} \quad A = 23,04 \cdot 10^{-29} \text{ ჯ}$$

$$15. E_1 = k \frac{q^2}{R} \quad E_2 = mv^2 \quad E_1 = E_2 \quad v = 12 \cdot 10^{-7} \text{ მ/წმ} \quad mv = 108 \cdot 10^{-12} \text{ კგ} \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$$

$$16. E_1 = \frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a} \quad E_2 = 2mv^2 \quad E_1 = E_2 \quad v^2 = \frac{kq^2}{ma} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \quad v \approx 1,65q \sqrt{\frac{k}{ma}}$$

$$17. A_1 = Eq \Delta d_1 \quad A_2 = -Eq \Delta d_2 \quad A_1 = 0 \quad A_2 \approx +7 \text{ მჯ}$$

$$18. F = mg + Eq \quad a = \frac{F}{m} \quad v = at \quad h = \frac{at^2}{2} \quad E_{პოტ} = \frac{mv^2}{2} \quad A = Eqh \quad E_{პოტ} = \frac{121}{6} \cdot 10^{-4} \text{ ჯ}$$

$$A = \frac{55}{6} \cdot 10^{-4} \text{ ჯ}$$

19. სფეროს პოტენციალი ზედაპირზე და მის შიგნით ერთმანეთის ტოლია და

გამოითვლება ფორმულით: $\varphi_1 = \frac{kq}{\varepsilon R}$. საძიებო წერტილში პოტენციალი $\varphi_2 = \frac{kq}{3\varepsilon R}$

$$\varphi_2 = 20 \text{ ვ}$$

20. განვსაზღვროთ სფეროს ცენტრის პოტენციალი რაც ზედაპირის პოტენციალის ტოლი იქნება. ცენტრში პოტენციალს შექმნის სფეროზე დაგროვილი მუხტიც და

მის გარეთ მოთავსებულიც. $\varphi = \frac{kq_1}{R_1} + \frac{kq_2}{R_2}$ $\varphi = +174 \text{ ვ}$

21. რადგან დამიწებულია მისი ჯამური პოტენციალი ნულის ტოლია. $0 = \frac{kq_1}{R_1} + \frac{kq_2}{R_2}$

$$q_1 = 4,8 \text{ ნკ} \quad n = \frac{q_1}{e} \quad n = 3 \cdot 10^{10}$$

$$22. \varphi_1 = k \frac{q}{R_1} \quad \varphi_2 = k \frac{q}{R_2} \quad R_1 = k \frac{q}{\varphi_1} \quad R_2 = k \frac{q}{\varphi_2} \quad \varphi_3 = k \frac{q}{\frac{R_1+R_2}{2}} = k \frac{2q}{R_1+R_2} \quad \varphi_3 = \frac{2\varphi_1\varphi_2}{\varphi_1+\varphi_2}$$

$$\varphi_3 = -90 \text{ ვ}$$

$$23. BD=AC=R_1=5 \text{ სმ} \quad R_3=3 \text{ სმ} \quad A = q(\varphi_A - \varphi_B) \quad \varphi_A = \frac{kq_1}{R_1} + \frac{kq_2}{R_2} \quad \varphi_B = \frac{kq_1}{R_2} + \frac{kq_2}{R_1} \quad A=0.9$$

ჯ

$$24. A = q(\varphi_C - \varphi_D) \quad \varphi_C = \frac{kq_1}{R_1} + \frac{kq_2}{R_2} \quad \varphi_D = \frac{kq_1}{R_2} + \frac{kq_2}{R_1} \quad \text{სადაც } q_1=2q \quad q_2=-3q \quad R_1=a$$

$$R_2=\sqrt{3}a \quad A=\frac{5k \cdot q^2}{a} \cdot \frac{(3-\sqrt{3})}{3}$$

$$25. \varphi_1 = \frac{kq}{R} \quad \varphi_2 = \frac{8kq}{2R} \quad \text{დიდი წვეთის პოტენციალი 4-ჯერ მეტია პატარისაზე.}$$

$$\varphi_1 = 13 \text{ ვ}$$

26. რადგან მუხტები ერთნაირნიშნაანა დაძაბულობის მოდული ნული იქნება მათ

$$\text{შემაერთებელ წრფეზე მუხტებს შორის. } E_1 = \frac{k|q_1|}{x^2} \quad E_2 = \frac{k|q_2|}{(R-x)^2} \quad E_1=E_2 \quad x=15 \text{ სმ}$$

$$\text{მცირე მუხტიდა } 15 \text{ სმ-ზე. } \varphi_1 = k \frac{q_1}{x} = 600 \text{ ვ} \quad \varphi_2 = k \frac{q_2}{R-x} = 1800 \text{ ვ} \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 2,4 \text{ კვ}$$

$$27. \varphi_1 = k \frac{q_1}{R} \quad \varphi_2 = k \frac{q_2}{R} \quad \varphi_3 = k \frac{q_3}{R} \quad \varphi_4 = k \frac{q_4}{r} \quad \text{სადაც } R=\frac{80\sqrt{3}}{3} \quad r=\frac{40\sqrt{3}}{3} \quad \varphi = \varphi_1 +$$

$\varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4$ თუ ჩავსვავთ შესაბამის სიდიდეებს და იმასაც გავითვალისწინებთ,

$$\text{რომ } R=2r \text{ მივიღებთ: } \frac{q_1}{2} + \frac{q_2}{2} + \frac{q_3}{2} + q_4 = 0 \quad q_4 = -1 \text{ ნკ}$$

$$28. \text{შეხების შემდეგ ჯამური მუხტი გადანაწილდება თანაბრად. } F_1 = k \frac{9q^2}{\varepsilon R^2} \quad F_2 =$$

$$k \frac{25q^2}{\varepsilon R^2} \quad \frac{F_2}{F_1} = \frac{25}{9} \quad \text{გაიზრდება } 25/9\text{-ჯერ}$$

$$29. q_1 = \sigma_1 S_1 = \sigma_1 \cdot 4\pi R_1^2 \quad q_2 = \sigma_2 S_2 = \sigma_2 \cdot 4\pi R_2^2 \quad \frac{q_2}{q_1} = \frac{45q}{q} \quad \text{გადანაწილების შემდეგ}$$

$$q'_1 = 11,5q \quad q'_2 = 34,5q \quad \text{რამდენჯერაც შეიცვლება მუხტი ბურთულაზე იმდენჯერ}$$

შეიცვლება მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე. $\sigma_1=184 \text{ ნკ/სმ}^2 \quad \sigma_2=184/3=61,3 \text{ ნკ/სმ}^2$

$$30. c_1 = \frac{q_1}{\varphi_1} \quad c_2 = \frac{q_2}{\varphi_2} \quad \frac{c_1}{c_2} = \frac{q'_1}{q'_2} \quad \text{შეხების შემდეგ მუხტი გადანაწილდება ტევადობების}$$

$$\text{პროპორციულად. } q'_1 = 12 \text{ ნკ} \quad q'_2 = 108 \text{ ნკ}$$

31. სამივე კონდენსატორი შეერთებულია პარალელურად. ბატარეის ტევადობა

$$C' = 9C$$

$$32. \frac{1}{c_1} = \frac{1}{3c} + \frac{1}{6c} \quad C_1 = 2C \quad C_2 = 2C + 9C = 11C$$

$$33. C_1 = 3C + 3C \quad C_1 = 6C ; \frac{1}{c_2} = \frac{1}{6c} + \frac{1}{6c} \quad C_2 = 3C ; C_3 = 3C + 3C \quad C_3 = 6C ; \frac{1}{c_4} = \frac{1}{6c} + \frac{1}{6c}$$

$$C_4 = 3C ; q = C_4 U \quad q = 3.6 \text{ მკვ}$$

34. თუ შეტანილ ფირფიტას მივადებთ კონდენსატორის ერთ-ერთ ფირფიტას მივიღებთ ახალ კონდენსატორს, რომლის ფირფიტებს შორის მანძილი $3/2$ -ჯერ იქნება შემცირებული საწყისთან შედარებით. შესაბამისად ტევადობა გაიზრდება $3/2$ -ჯერ.

35. მიღებული კონდენსატორი გავყოთ ორ მიმდევრობით შეერთებულ კონდენსატორად. თავდაპირველი კონდენსატორის ტევადობაა $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$, მიღებულებიდან $C_1 = \frac{6\epsilon_0 S}{\frac{d}{3}}$ $C_1 = 18C$; $C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{2d}{3}}$ $C_2 = \frac{3}{2}C$; $C' = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ $C' = \frac{18C}{13}$

გაიზარდა $18/13$ -ჯერ

36. $\Delta w = w_1 - w_2$ $w = \frac{cu^2}{2}$ $c = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ $w_1 = 6 \cdot 10^{-5}$ ჯ $w_2 = 3 \cdot 10^{-5}$ ჯ $\Delta w = 3 \cdot 10^{-5}$ ჯ

37. $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ ტევადობა გაიზრდება $21/20$ -ჯერ. რადგან წრედიდან გამორთულია

კონდენსატორზე დაგროვილი მუხტი არ შეიცვლება. $w = \frac{q^2}{2C}$ რამდენჯერაც

გაიზარდა ტევადობა იმდენჯერ შემცირდა კონდენსატორის ენერგია. $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{q}{s \epsilon_0 \epsilon}$

რამდენჯერაც გაიზარდა დიელექტრიკული შეღწევადობა იმდენჯერ შემცირდა დამაბულობის მოდული.

38. $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ $C = 8.85 \cdot 10^{-12}$ ფ, $q = CU$ $q = 354 \cdot 10^{-10}$ კ, $E = \frac{u}{d}$ $E \approx 57 \cdot 10^4$ ვ/მ, $\omega = \frac{w}{sd}$ $\omega \approx 20$ ჯ/მ³

39. $E = \frac{u}{d}$ $F = Eq$ $a = \frac{F}{m}$ $a \approx 2.1 \cdot 10^{16}$ მ/წმ²

40. $E = \frac{u}{d}$ $F = Eq$ $a = \frac{F}{m}$ $t = \frac{L}{v_0}$ $v_x = v_0$ $v_y = at$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ $v \approx 22 \cdot 10^6$ მ/წმ

მათემატიკა ფიზიკისათვის

ძირითადი მათემატიკური საკითხები, რომელთა ცოდნა აუცილებელია მოცემული სახელმძღვანელოს მიხედვით ფიზიკის მე-9 კლასის კურსის შესასწავლად და ამოცანების ამოსახსნელად,

მრავალწილ რიცხვების შეკრება, გამოკლება, გამრავლება, გაყოფა;

მოქმედებები წილადებზე 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 ჩამოყალიბებაში და შემდგომ წინსვლაში. სასურველია, ხშირად გამოიყენოთ ურთიერთშეფასება და თვითშეფასება, რაც გაცილებით საინტერესოს ხდის საგაკვეთილო პროცესს.

საგაკვეთილო პროცესში ჩართულობა					
კრიტერი-უმები	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	გაკვეთილოზე უმეტესად აქტიურია, მობილიზებულია და უსმენს მოსაუბრეს, იცავს ეთიკურ ნორმებს	აქტიურია მთელი გაკვეთილის განმავლობაში, მობილიზებულია და უსმენს მოსაუბრეს, იცავს ეთიკურ ნორმებს
მომიებული ინფორმაციის შეჯამების უნარი, ჯგუფში მუშაობა	ვერ აჯამებს წაკითხულ ინფორმაციას, ჯგუფში მუშაობისას პასიურია	ნაწილობრივ აჯამებს წაკითხულ ინფორმაციას, არ ან ვერ თანამშრომლობს მეწყვილესთან	ნაწილობრივ აჯამებს წაკითხულ ინფორმაციას, ზოგ შემთხვევაში წვლილიც შეაქვს ჯგუფის მუშაობაში	კარგად აჯამებს წაკითხულ ინფორმაციას, შეაქვს წვლილი ჯგუფის მუშაობაში	აჯამებს და აანალიზებს წაკითხულ ინფორმაციას, მნიშვნელოვანია მისი წვლილი ჯგუფის მუშაობაში

	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
	კრიტერიუმი 1 აქტიურად მონაწილეობს და შეაქვს მნიშვნელოვანი წვლილი ყველა აქტივობაში	
	კრიტერიუმი 2 ყოველთვის თანამშრომლობს წყვილებში/ჯგუფებში მუშაობის დროს	

საშინაო დავალების შეფასება					
ფასდება შემდეგი აქტივობები	1	2	3	4	5
მოძიებული 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
მოძიებული ინფორმაციის ანალიზი	უჭირს ანალიზის გაკეთება	ცდილობს ანალიზის გაკეთებას	მოძიებული ინფორმაციის ნაწილობრივი ანალიზი	მოძიებული ინფორმაციის ანალიზი	მოძიებული 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: კვლევითი პროექტი								
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	მუშაობს თუ არა მოსწავლე თანმიმდევრულად დამოუკიდებლად ან სხვებთან ერთად ცდილობს თუ არა იგი სხვებს დაეხმაროს? რამდენად წარმატებით ცდილობს იგი ითხოვოს და მიიღოს საჭირო დახმარება? ვისგან იღებს დახმარებას? არის თუ არა მოსწავლე დავალებაზე კონცენტრირებული თუ ადვილად ეფანტება ყურადღება? აქტიურად ერთვება თუ არა იგი პრობლემის გადაწყვეტაში?	
მოსწავლის მოსაზრებები	ცდილობს თუ არა მოსწავლე ახსნას თავისი მოსაზრებები? სერიოზულად განიხილავს თუ არა იგი სხვების წინადადებებსა და მოსაზრებებს?	

კომუნიკაცია	საუბრობს თუ არა მოსწავლე ინფორმაციის დაზუსტებისა და სხვებთან კომუნიკაციის მიზნით? კომფორტულად გრძნობს თუ არ იგი თავს როგორც „მოსაუბრის“, ისე „მსმენელის“ როლში? შეუძლია თუ არა თავისუფლად წარდგეს მთელი კლასის წინაშე? შეუძლია თუ არა მოსწავლეს მოხერხებულად წარმოადგინოს როგორც ჯგუფის მიერ შეთანხმებული მოსაზრება, ისე საკუთარი ნააზრევია?	
-------------	--	--

საშინაო ცდის აღწერის ოქმის ნიმუში

კრიტერიუმები	შესრულების დონე		
	დაბალი	საშუალო	მაღალი
ამოიცნობს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს	მნიშვნელოვანი ხარვეზებით ამოიცნობს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს	უშვებს შეცდომებს თემასთან დაკავშირებული ცნებების ამოცნობაში	სწორად ამოიცნობს 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 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?	
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?	

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

რას ვაკვირდები ერთობლივი მუშაობის დროს		შენიშვნები
მოსწავლის სამუშაო ჩვევები	მუშაობს თუ არა მოსწავლე თანმიმდევრულად, დამოუკიდებლად ან სხვებთან ერთად? ცდილობს თუ არა იგი სხვებს დაეხმაროს? რამდენად წარმატებით ცდილობს იგი ითხოვოს და მიიღოს საჭირო დახმარება? ვისგან იღებს დახმარებას? არის თუ არა მოსწავლე დავალებაზე კონცენტრირებული თუ ადვილად ეფანტება ყურადღება? აქტიურად ერთვება თუ არა იგი პრობლემის გადაწყვეტაში?	

მოსწავლის მოსაზრებები	ცდილობს თუ არა მოსწავლე ახსნას თავისი მოსაზრებები? სერიოზულად განიხილავს თუ არა იგი სხვების წინადადებებსა და მოსაზრებებს?	
კომუნიკაცია	საუბრობს თუ არა მოსწავლე ინფორმაციის დაზუსტებისა და სხვებთან კომუნიკაციის მიზნით? კომფორტულად გრძნობს თუ არ იგი თავს როგორც „მოსაუბრის“, ისე „მსმენელის“ როლში? აქვს თუ არა მას გამბედაობა მოხსენებით წარდგეს მთელი კლასის წინაშე? შეუძლია თუ არა მოსწავლეს მოხერხებულად წარმოადგინოს როგორც ჯგუფის მიერ შეთანხმებული მოსაზრება, ისე საკუთარი ნააზრევით?	

კრიტერიუმები	შესრულების დონე		
	დაბალი	საშუალო	მაღალი
ამოიცნობს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს	მნიშვნელოვანი ხარვეზებით ამოიცნობს და ასახელებს თემასთან დაკავშირებულ ცნებებს	უშვებს შეცდომებს თემასთან დაკავშირებული ცნებების ამოცნობაში	სწორად ამოიცნობს 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
რას გვეკითხება ამოცანა? -----	გამოთვლებისთვის საჭირო ფორმულა -----
რა მონაცემები არის მოცემული? -----	ჩაწერე მონაცემები ფორმულაში -----
რა მონაცემი გჭირდება? -----	დააკვირდი ერთეულებს და გამოთვალე -----

ზოგიერთი ნივთიერების სიმკვრივე

ნივთიერება	ρ , კგ/მ ³	ρ , გ/სმ ³	ნივთიერება	ρ , კგ/მ ³	ρ , გ/სმ ³
მყარი ნივთიერება, 20°C (გარდა ყინულისა)					
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
თხევადი ნივთიერება, 20°C					
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 ქანგბადი - 194°C	860	0,86
აირადი ნივთიერება, 0°C (ნორმალური პირობებისას)					

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

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

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, სხვადასხვა მოსაზრების გაგებას, რაიმე შეხედულების დასაბუთებას სხვადასხვა მიდგომების 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 არსებითია 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 გადამწყვეტი 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 მრავალრიცხოვნობით, მრავალფეროვნობით (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 ინსტრუმენტებზე 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 კიდეც 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.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ფიზიკის სწავლება სკოლაში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით.
<http://mastsavlebeli.ge> 31 მაისი, 2018, ლალი ნადირაძე.
2. ანიტა ვულფოლკი - განათლების ფსიქოლოგია, ილია ჭავჭავაძის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 2009 (Leinhardt, 2001, p. 334).
3. როგორ ვასწავლოთ მოსწავლეებს აზროვნება. მეთოდოლოგიური სახელმძღვანელო, 2007წ., თბილისი.
4. ეროვნული სასწავლო გეგმა 2018-2024 სასწავლო წლისთვის.
5. განმარტებითი ლექსიკონი განათლების სპეციალისტებისთვის (I და II ნაწილი), ეროვნული სასწავლო გეგმებისა და შეფასების ცენტრი, 2007-2008 წწ.
6. ინასარიძე მ, ლობჯანიძე ს, რატიანი მ, სამსონია ი. „მასწავლებლის საქმიანობის დაწყების, პროფესიული განვითარების და კარიერული წინსვლის სქემის გზამკვლევი“, ნაწილი II, მასწავლებლის პროფესიული განვითარების ეროვნული ცენტრი, 2016.
7. შეფასების რუბრიკების მნიშვნელობა სწავლა-სწავლების პროცესში და მათი ტიპები, 28ოქტომბერი, 2016, ნატალია ედიშერაშვილი.
8. დისკუსია, როგორიც საგანმანათლებლო რესურსი, 8 თებერვალი, 2017, ინგა ლომაძე.
9. <http://mastsavlebeli.ge/uploads/IT/avtandilll%20shurggggaia.pdf> თანამედროვე ფიზიკის საკვანძო ექსპერიმენტები, “როგორ დავგეგმოთ და განვახორციელოთ პროექტ-გაკვეთილი”, სოფიკო ლობჯანიძე mastsavlebeli.ge.
10. საგანმანათლებლო ლექსიკონი <http://ncp.ge/ge/dictionary>