

ფიზიკა

10

მასწავლებლის წიგნი

ფიზიკა

X კლასი, მასწავლებლის წიგნი

ს ა რ ჩ ე ვ ი

X კლასის ფიზიკის სახელმძღვანელოს კონცეფცია	4
ფიზიკა. საშუალო საფეხურის სტანდარტი.....	7
თემის დამუშავების ნიმუში.....	10
თემატური მატრიცა.....	12
კომპლექსური დავალება: ელექტროსკოპი.....	14
კომპლექსური დავალება: ფარადეის გალია.....	25
კომპლექსური დავალება: კონდენსატორის მოდელი	35
შინაარსისა და მიზნების მატრიცა.....	48
სასწავლო მასალის სავარაუდო საათობრივი განაწილება	64
ინფორმაცია მოსწავლის წიგნის შესახებ	65
რეკომენდაციები მასწავლებლებისათვის.....	66
პრეზენტაციის შინაარსობრივი სტრუქტურა და შეფასების რუბრიკა	70
დანართი 1	71
დანართი 2	77
დანართი 3	79
მოსწავლის წიგნის თავების მოკლემიმოხილვა.....	80
შეფასების სქემა ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის	85
შეფასების სქემა დისკუსიაში მონაწილეობისათვის.....	86
შეფასების სქემა საშინაო დავალებისათვის.....	86
ზოგი რამ მოდულებისა და მოდულირების შესახებ ფიზიკაში	87
მოსწავლის წიგნში მოცემული დავალებების პასუხები	89
საშინაო დავალების სახეები	139
ინტერაქტიური გაკვეთილის ელემენტები	140
ესგ-ს ლექსიკონი პედაგოგებს.....	143
ინტერნეტრესურსები.....	146

X კლასის ფიზიკის სახელმძღვანელოს კონსეფცია

X კლასის ფიზიკის სახელმძღვანელო შედგენილია მესამე თაობის ეროვნული სასწავლო გეგმისა და ფიზიკის სტანდარტის შესაბამისად. სახელმძღვანელოს მიზანია მოსწავლეებში თეორიული ცოდნისა და ექსპერიმენტული კვლევითი უნარ-ჩვევების ჩამოყალიბება და განვითარება.

X კლასის ფიზიკის კურსი თემების მიხედვით იყოფა ორი ნაწილად: ელექტროსტატიკა და მუდმივი დენის კანონები. წინამდებარე სახელმძღვანელო შეიცავს ელექტროსტატიკას.

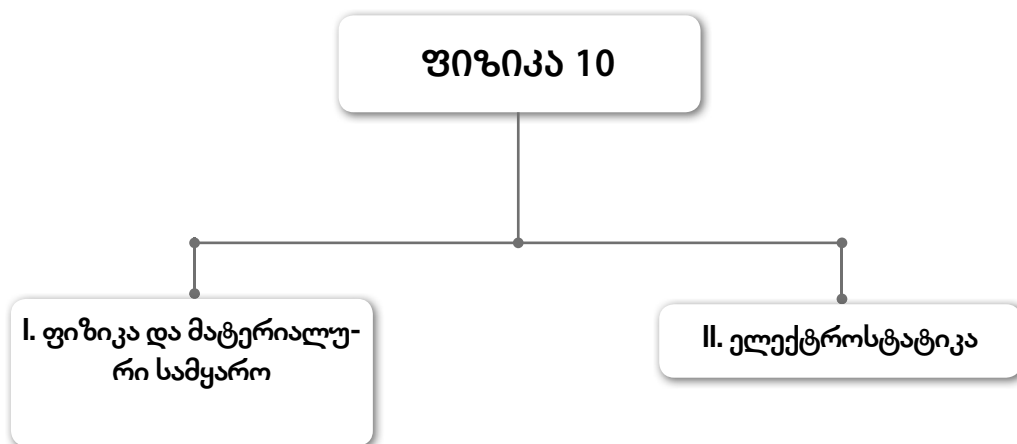
სახელმძღვანელოს მეთოდოლოგიური მხარე ეყრდნობა სწავლა-სწავლების ინტერაქტიურ სტილს, მოცემული აქტივობები შეესაბამება ინდიკატორებს, რომლებიც უზრუნველყოფს სტანდარტით განსაზღვრული შედეგების მიღწევას. პარაგრაფების შინაარსი აგებულია პრინციპზე – მარტივიდან რთულისკენ, ნაცნობიდან უცნობისკენ, გამოყენებულია სწავლების კონსტრუქტივისტული მეთოდოლოგია და შეესაბამება მოსწავლის ინტელექტუალურ შესაძლებლობებს.

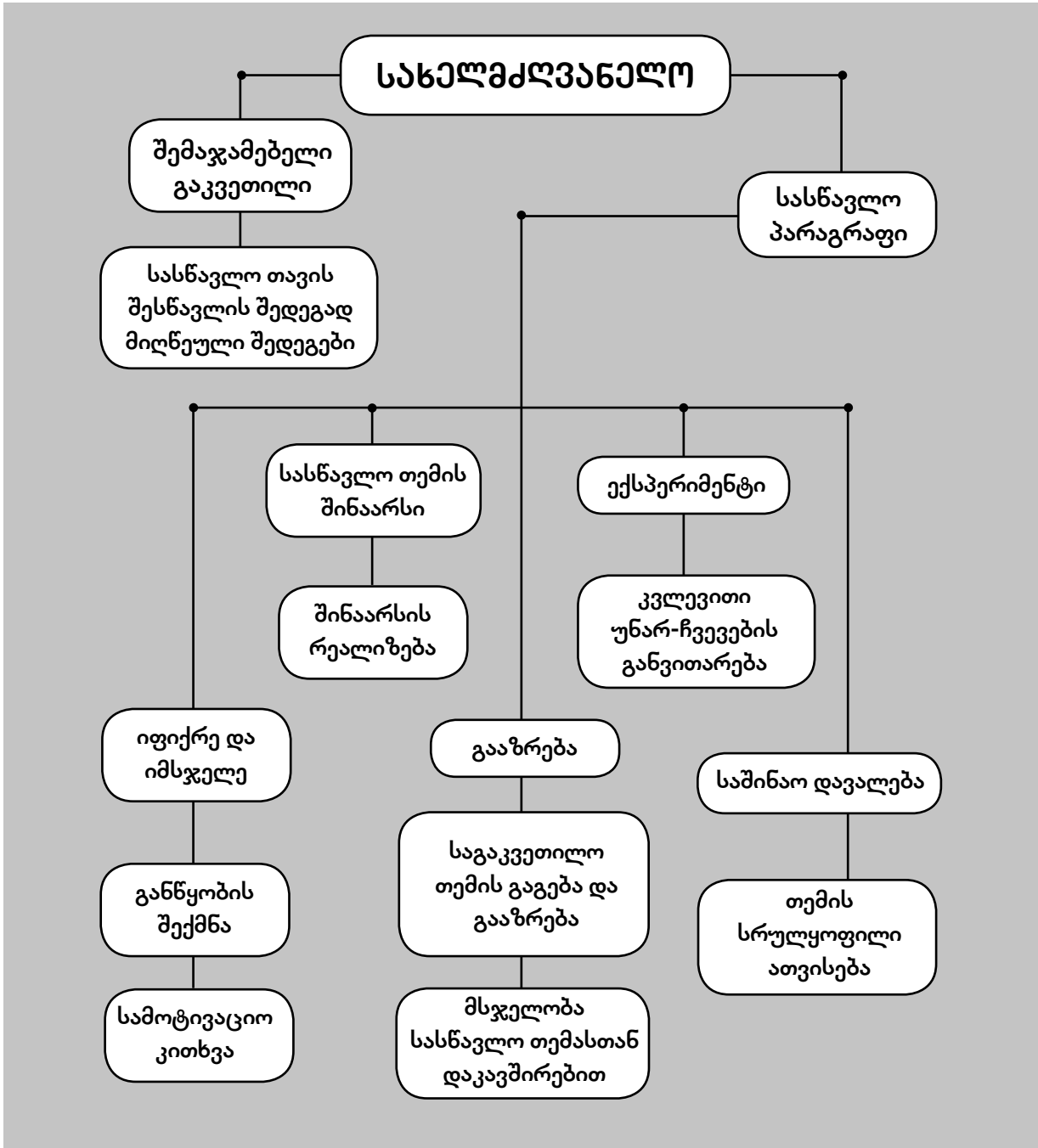
სახელმძღვანელოს შინაარსობრივი და მეთოდოლოგიური აპარატის კომპლექტაცია, შემადგენელი ნაწილების ერთობლიობა და სტრუქტურის სპეციფიკა ასეთია:

- პარაგრაფების შინაარსი აგებულია საგაკვეთილო ტექსტისაგან, ილუსტრაციებისა და პრობლემაზე ორიენტირებული კითხვებისა და ამოცანებისგან, ექსპერიმენტული კვლევებისა და კომპლექსური დავალებებისაგან.
- პარაგრაფები შეიცავს თემის ფარგლებში დასამუშავებელ სამიზნე ცნებებს, საკვანძო საკითხებს, მკვიდრ წარმოდგენებს. ეს მასალა ძირითადად განაწილებულია სხვადასხვა რუბრიკაში: „იფიქრე და იმსჯელე“ (სამოტივაციო კითხვები), „გააზრება“ (ახლად ახსნილი მასალის გაგების შემოწმება), „საშინაო დავალება“ (დავალება სასწავლო თემის კარგად/სრულყოფილად ასათვისებლად).
- პარაგრაფები ძირითადად შეიცავს სააზროვნო კითხვებს, მასალას მსჯელობისათვის, ექსპერიმენტულ კვლევას, დასკვნების გამოტანას.

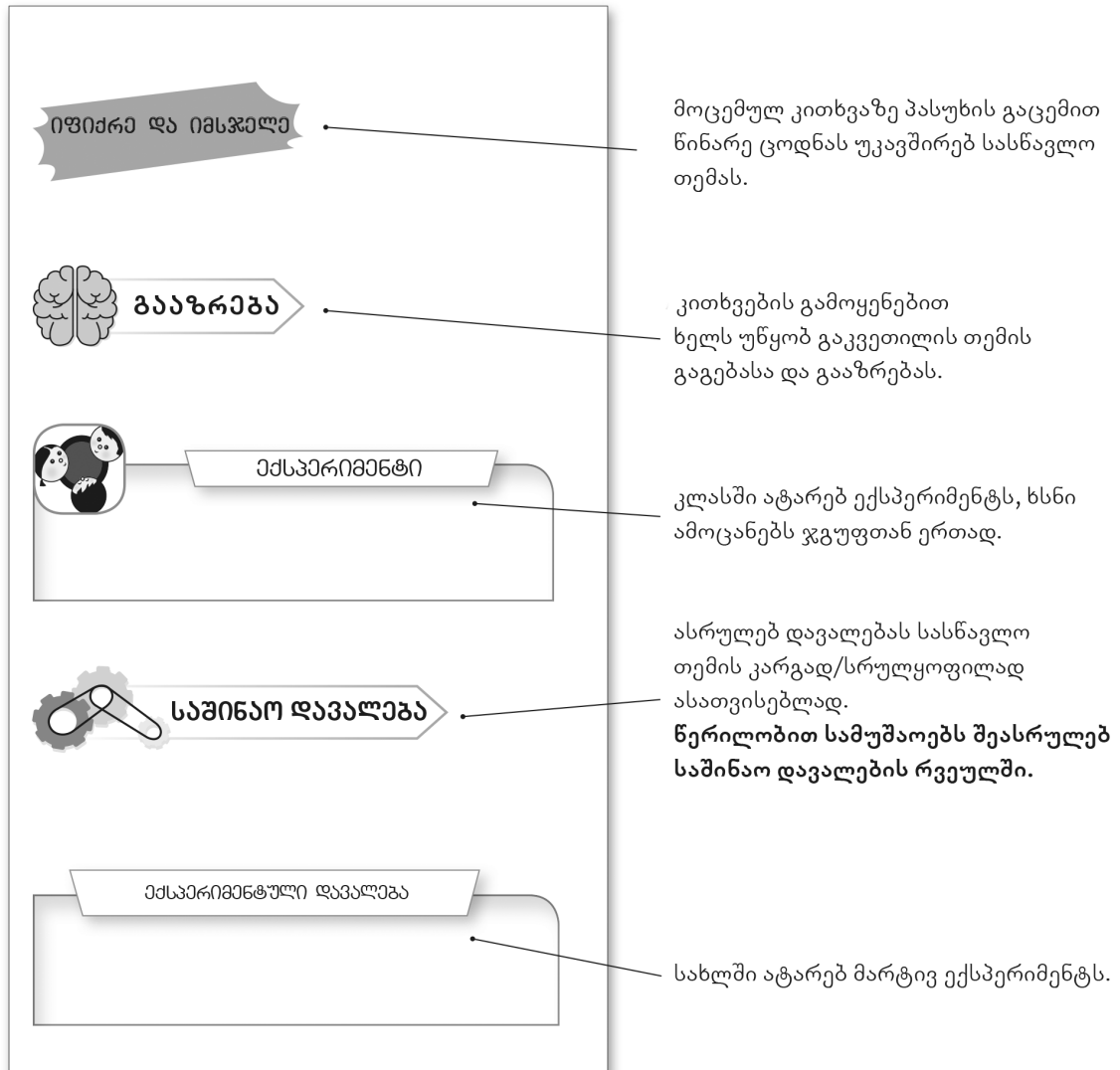
სახელმძღვანელოში ასევე ასახულია ფიზიკის კავშირი მეცნიერების სხვა დარგებთან და მისი როლი სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის მიღწევაში. სახელმძღვანელო დაეხმარება მოსწავლეს გარემომცველი სამყაროს შესახებ თეორიული ცოდნის მიღებასა და მეცნიერული კვლევა-ძიების უნარ-ჩვევების დაუფლებაში, საყოფა-ცხოვრებო საკითხების შეცნობაში, გარემოს დაცვის საკითხების გააზრებასა და მიღებული გამოცდილების პრაქტიკულად გამოყენებაში.

სახელმძღვანელოს სტრუქტურა





მოსწავლის წიგნში გამოყენებული რუბრიკები



ფიზიკა. საშუალო საფეხურის სტანდარტი

შესავალი

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

სტანდარტში შედეგებისა და სამიზნე ცნებების სახით განსაზღვრულია გრძელვადიანი მიზნები.

შინაარსი აღინიშნება თემების (ქვეთემების), საკითხებისა და ქვეცნებების სახით. ეროვნული სასწავლო გეგმა განსაზღვრავს სავალდებულო თემებს. თემების შესაბამის საკითხებს კი სკოლები თავად ირჩევენ.

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

საფეხურის შედეგები

საშუალო საფეხურზე სტანდარტში განვიხილავთ 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 ველის მახასიათებელი პარამეტრების შესახებ მსჯელობა მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებებისა და მათი ცვლილების მიზეზების გასაზრებლად;	მატერია (ფიზ. საშ.1,2,3,4) ენერჯია (ფიზ. საშ.1,2,3,4)
ფიზ.საშ.2.	მეცნიერული მიღწევებისა და კვლევითი უნარ-ჩვევების გამოყენებით ენერჯიის სახეებსა 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 მიზეზშედეგობრივი კავშირების დასაბუთება ფიზიკური პროცესების/ მოვლენების აღსაწერად და დასახასიათებლად.	

სავალდებულო თემები

<input checked="" type="checkbox"/> კლასი
<input type="checkbox"/> ელექტროსტატიკა
<input type="checkbox"/> მუდმივი დენის კანონები

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 დაძაბულობა 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 (დაძაბულობა, 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 წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად;
- ნერტილოვან 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:

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

თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით

მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ნივთიერების აგებულების დახასიათება მისი ელექტრული გამტარებლობის შესასწავლად;
- გამტარის წინააღობის 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, თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა მეთოდით ორგანიზება) და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება მიმდევრობით/პარალელურად/შერეულად შეერთებულ მომხმარებელთა მიერ გამომუშავებული სიმძლავრეების დასადგენად;

ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

თემის დაგეგმვის ნიშნები

განმარტებები (ხრილისთვის):

სასწავლო თემა წარმოადგენს კონტექსტს, რომელიც სტანდარტის შედეგების, სამიზნე ცნებებისა თუ კონკრეტული საკითხების ინტეგრირებულად და ურთიერთდაკავშირებულად სწავლების საშუალებას იძლევა. თითოეული თემის ფარგლებში შეძლებისდაგვარად უნდა დამუშავდეს სტანდარტის ყველა შედეგი.

შენიშვნა: იმ საგნებში, რომლებშიც სასწავლო თემები ორგანიზებულია თემატური ბლოკების სახით, უნდა მიეთითოს, რომელ თემატურ ბლოკს მიეკუთვნება მოცემული კონკრეტული თემა;

თემასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენების ფუნქციაა მოსწავლეს წარმოდგენა შეუქმნას შესასწავლი თემის კონტურებზე (თემატური მკვიდრი წარმოდგენები თვისებრივად განსხვავდება სამიზნე ცნებებთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენებისგან).

თემასთან დაკავშირებული საკვანძო შეკითხვები პასუხობს – რაზე უნდა დაფიქრდეს მოსწავლე თემის შესწავლისას.

სამიზნე ცნებების სახით განსაზღვრულია ის ცოდნა, რომელსაც მოსწავლე საგნის ფარგლებში უნდა დაეუფლოს.

საკითხები – წლიური თემების ფარგლებში გამოიყოფა საგნობრივი საკითხები. მათი საშუალებით ხდება იმის განსაზღვრა, თუ კონკრეტულად რაზე უნდა იმუშაოს მოსწავლემ თემის ფარგლებში. საკითხებზე დაყრდნობით განისაზღვრება ასევე, კომპლექსური დავალების პირობა, განსაზღვრა, რომელიც მოსწავლეს სამიზნე ცნებისა და მათთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენების გაცნობიერებაში ეხმარება.

საკვანძო შეკითხვები 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 ბიჯების/ეტაპების განსაზღვრა. საკვანძო შეკითხვა წარმოადგენს მათგან მიზნულ ელემენტს, რომელიც სასწავლო თემის ფარგლებში ასრულებს გაკვეთილ(ებ)ის მიზნის როლს.

კომპლექსური/პროექტული დავალებები წარმოადგენს იმგვარ აქტივობებს, რომელთა შესრულება მოითხოვს სხვადასხვა ცოდნის ინტეგრირებულად გამოყენებას ფუნქციურ კონტექსტებში. კომპლექსური დავალება (მასთან მჭიდროდ დაკავშირებულ სტრუქტურულ ერთეულებთან – საკითხი, საკვანძო შეკითხვა, შეფასების კრიტერიუმი) თემის ფარგლებში შუალედური მიზნის როლს ასრულებს.

მკვიდრი წარმოდგენები – თითოეულ ცნებას ახლავს მკვიდრი წარმოდგენები, რომლებიც შემოსაზღვრავს ცნების მოცულობას და აზუსტებს, რა უნდა ჰქონდეს გაცნობიერებული მოსწავლეს ამ ცნებასთან მიმართებით საფეხურის ბოლოს.

შეფასების ინდიკატორები სტანდარტის შედეგებიდან გამომდინარეობს და აჩვენებს, რა უნდა შეძლოს მოსწავლემ კონკრეტული თემის ფარგლებში. სხვა სიტყვებით, რომ ვთქვათ ინდიკატორები წარმოადგენს კონკრეტულ თემაში რეალიზებულ შედეგებს.

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:		
სამიზნე ცნებები და მათთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები	I ეტაპი		კომპლექსური დავალება / დავალებები
	საკითხი/ქვეცნება	საკვანძო შეკითხვა / შეკითხვები	
	აქტივობები:		
	რესურსები:		
შეფასების კრიტერიუმი/კრიტერიუმები			

თემატური მასწავლებელი

საშუალო საფეხური, მე-10 კლასი
თემა – ელექტროსტატიკა საათების სავარაუდო რაოდენობა – 26

თემატური მკვიდრი ნარმოდგენები

მატერია

სივრცის რაიმე წერტილში, წერტილოვანი მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დაძაბულობა და პოტენციალი დამოკიდებულია მოცემული მუხტის რიცხვით მნიშვნელობაზე და სივრცის ამ წერტილიდან მუხტამდე მანძილზე. ეს დამოკიდებულება კი შეიძლება აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით და სხვა მეთოდებით;

სივრცის რაიმე წერტილში, რამდენიმე წერტილოვანი მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დაძაბულობა (პოტენციალი) თითოეული მუხტის მიერ ამ წერტილში შექმნილი დაძაბულობების გეომეტრიული ჯამის (ალგებრული ჯამის) ტოლია;

ენერგია

ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებულ მუხტს, ამ ველთან ურთიერთქმედების გამო გააჩნია პოტენციული ენერგია, რომელიც შეიძლება გარდაიქმნას სხვა სახის ენერგიად;

ელექტროსტატიკურ ველსა და ამ ველის მოცემულ წერტილში მოთავსებულ მუხტს შორის ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია დამოკიდებულია ამ მუხტის რიცხვით მნიშვნელობაზე და მოცემულ წერტილში ელექტროსტატიკური ველის პოტენციალზე. ეს დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად და სხვა მეთოდებით;

წერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია დამოკიდებულია ამ მუხტების რიცხვით მნიშვნელობაზე და მათ შორის მანძილზე. ამ ენერგიის ცვლილებას განსაზღვრავს მუხტებზე მოქმედი გარე ძალების მიერ შესრულებული მუშაობა;

დამუხტულ კონდენსატორს გააჩნია ელექტრული ველის ენერგია, რომელიც დამოკიდებულია კონდენსატორის შემონაფენებზე არსებულ მუხტსა და შემონაფენებს შორის დაბეჭედზე.

ძალა

წერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედება ელექტრომაგნიტური ბუნებისაა და ხორციელდება ველის საშუალებით. ეს ურთიერთქმედება ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, ძალით და დამოკიდებულია ამ მუხტების რიცხვით მნიშვნელობასა და მათ შორის მანძილზე;

წერტილოვან მუხტზე ელექტრული ველის მოქმედება იწვევს ამ მუხტის სიჩქარის ცვლილებას, შესაბამისად, ელექტრული ველის მოქმედებით მუხტის მიერ შექმნილი იმპულსი (კინეტიკური ენერგია) დამოკიდებულია ამ მუხტის რიცხვით მნიშვნელობაზე, მოქმედების ხანგრძლივობაზე (დამუხტული ნაწილაკის მასაზე) და ელექტრული ველის დაძაბულობაზე. ეს დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად და სხვა მეთოდებით.

ფიზიკური პროცესი

სხეულთა დაელექტროება, განმუხტვა, ელექტრული ველის გავლენით სხეულში (ან რაიმე გარემოში) თავისუფალი მუხტების გადაადგილება ფიზიკური მოვლენის მაგალითებია, რომელთაც განაპირობებს სხეულისა და მისი გარემომცველი ელექტრული ველის ფიზიკური თვისებები.

ელექტრული ველის გავლენით სხეულში (ან რაიმე გარემოში) თავისუფალი მუხტების გადაადგილება ხასიათდება სიჩქარით, აჩქარებით და სხვა სიდიდეებით. ამ სიდიდეების დამოკიდებულება გარეშე ველთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად და სხვა მეთოდებით.

შუალედრი მიზანი 1

„ელექტროსკოპი“, სხეულების დამუხტვისა და განმუხტვის არსის შესწავლა ელექტროსკოპის მოდელის გამოყენებით, პროდუქტი – მოდელი, სამიზნე ცნება – „მატერია“, „ძალა“

შუალედრი მიზანი 2


„ფარადეის გალია“, ფარადეის გალიას მოდელის გამოყენებით გამტარების მიერ ელექტრული ველის ეკრანირების შესწავლა. პროდუქტი – მოდელი, სამიზნე ცნება – „მატერია“, „ფიზიკური პროცესი“

შუალედრი მიზანი 3

„კონდენსატორის მოდელი და ენერჯია“, კონდენსატორის აგებულებისა და მისი, როგორც ელექტრული ენერჯიის დამგროვებლის შესწავლა, პროდუქტი – პოსტერი, სამიზნე ცნება – „მატერია“, „ენერჯია“

კომპლექსური დავალები: ელექტროსკოპი.

თემა: ელექტროსტატიკა

<p>სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:</p>	<p>საკითხი/საკითხები</p> <ul style="list-style-type: none"> • სველების დამუხტვა ორგანიზაციის მიხედვით/განხილვა, მუხტების მიზნის შენახვის კანონი • დამუხტულ სველების ურთიერთქმედების ძალა; კულონის კანონი. • დამუხტვის სახეები გავლენით, შეხებით, დარტყმით, სინათლის სხივებით, ხახუნით. <p>ქვეცნებები: ელექტრული მუხტი, ნერტილოვანი მუხტი, ელექტრული ძალა, დამუხტვა, განმუხტვა.</p>	<p>საკვანძო შეკითხვა/შეკითხვები:</p> <p>როგორ წარმოგაჩინო სველების დამუხტვისა და განმუხტვის არსი ელექტროსკოპის მოდელის გამოყენებით?</p>	<p>შუალედური სასწავლო მიზანი</p>
<p>„მატერიალ“ მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) მატერიის, ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები დამოკიდებულია: ა) ნივთიერების გვარობასა და გარემო პირობებზე. ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთმდებარეობაზე და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე. 2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები აიხსნება: <ul style="list-style-type: none"> ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურად მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობითა და სამივე მათგანის ცვლილებით; ბ) ველის წარმოქმნელი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებითა და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის წარმოქმნის უნარით. 	<p>კომპლექსური დავალების ფორმა</p> <p>ნაბიჯი 1. როგორ უნდა წარმოგაჩინო საკუთარი ცოდნა შესასწავლ საკითხთან დაკავშირებით რესურსი/აქტივობა:</p> <p>აქტივობა 1. მასწავლებელი მოსწავლეებს აჩვენებს სამოტივაციო ვიდეოს. მოსწავლეები მსჯელობენ ელვის შესახებ, უზიარებენ ერთმანეთს პირად გამოცდილებას.</p> <ul style="list-style-type: none"> • სვერული ელვა https://www.youtube.com/watch?v=lwR14D3NA8c • სხვადასხვა ელვა https://www.youtube.com/watch?v=e57_5EYh-v0 • ელვის ვარიანტები https://www.youtube.com/watch?v=6b2f7L-EyLM <p>აქტივობა 2. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს მოდელის არსს და განიხილავს მაგალითებს. მოსწავლეები მსჯელობენ და ინიშნავენ რეკულში მოდელის შესაქმნელად საჭირო რესურსსა და ეტაპებს. გამოთქვავენ თავიანთ მოსაზრებებს.</p> <p>მოდელის გაცნობა (ზოგადი) რა არის მოდელი https://emis188-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/khatuna_gegeshidze_teachers_gov_ge/Ebed3AXxIBHhH-LC0mCgi94B4TgickUKRtnD5JetjGpbLQ?rtime=zFzrdwUU2kg</p>	<p>კომპლექსური დავალების პირობა:</p>  <p>ელექტროსკოპი</p> <p>რა კარგია გაზაფხულზე ბუნებაში სეირნობა. თუმცა ამინდი უცებ შეიძლება შეიცვალოს და წამოვიდეს წვიმა, რომელსაც თან ახლავს თვალისმომჩრეული გაელვება და ქუხილის ხმა. ლევანი პატრობიდანვე ოცნებობდა როდის გაიზრდებოდა, რომ სრულფასოვნად გაეცო ამ ბუნებრივი მოვლენის არსი. რას ნიშნავდა, რომ ღრუბელი დადებოდად არის დამუხტული, დედამიწა კი უარყოფითად. რა არის განმუხტვა და, რატომ წარმოიშობა ელვა.</p>	

3) მატერიალს მასხასათუბელი ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილების გამოწვევებზე მიზეზებთან შესაძლებელია აღვნიშნოთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით.

„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 უზუალო „კონტაქტით“ ან ველის საშუალებით.
- 2) სხეულზე ერთი ძალის ან ძალების ტოლქმედის მოქმედება იწვევს ამ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას ან/და მის დეფორმაციას. ძალის (ტოლქმედის) მოქმედების შედეგად კი დამოკიდებულია მის მოდულზე, მიმართულებაზე, მოდების წერტილზე, მოქმედების სანგრძობობაზე და სხეულის იმ ზედაპირის ფართობზე, რომელზეც ეს ძალა (ტოლქმედი) მოქმედებს. ამასთან, თუ გარე ძალა აწარმოებს წნევას სითხეზე ან აირზე, წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირად ვრცელდება.

აქტივობა 3. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს ელექტროსტატიკის მოდელის დამზადების ვიდეოს. მოსწავლეები მსჯელობენ, რა რეაქუსია საჭირო ელექტროსტატიკის დასამზადებლად. <https://www.youtube.com/watch?v=2PmWIPV6n0>

სამიზნე ცოდნის (დეკლარატიული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შედეგები	<ul style="list-style-type: none"> • რა არის მოდელი? • რა ტიპის მოდელებს იცნობთ? • რატომ იყენებენ მეცნიერები მოდელებს? • რა რესურსი დაგჭირდება ელექტროსტატიკის დასამზადებლად? • რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევს ელექტროსტატიკის მოდელის შესაქმნელად? • რა მოვლენების შესასწავლად გამოიყენებთ თქვენ მიერ დამზადებულ ელექტროსტატიკურ და მუხტებსა, განმუხტება
---	---

II ეტაპი: კომპლექსური დავალების შინაარსი ნაბიჯი 1.

- რა მასალები შეაჩინე ელექტროსტატიკის დასამზადებლად და როგორ ააწყვე იგი.
- როგორ დააკვირდები ელექტროსტატიკის მოდელის გამოყენებით: ა) ელექტროსტატიკის მუხტებს; ბ) მუხტების დაგროვების მოვლენას; გ) მუხტების გადანაწილებას; დ) დამუხტული სხეულის მუხტის ნიშნის დადგენას; ე) ელექტროსტატიკის განმუხტვას.
- როგორ ვლინდება ელექტროსტატიკის გამოყენებით ელექტრონული ურთიერთქმედების ძალის დამოკიდებულება მუხტის სიდიდეზე.

რესურსი/აქტივობა:

სახელმძღვანელო: 2.1 ელექტრული მუხტი; **2.2** სხეულების დამუხტვის ექსპერიმენტული კვლევა; **2.3** სხეულების დამუხტვა, მუხტის მუდმივობის კანონი; **2.4** ელექტრული ველი; **2.5** დამუხტული სხეულების ექსპერიმენტული კვლევა; **2.8** შემავარდნული გაკვეთილი. ტელესკოპის გაკვეთილი (ელექტრული მოვლენები) <https://1tv.ge/video/fizikis-dro-i-gakveti-30-marti-2020-teleskopi/>

აქტივობა 1. მოსწავლე ატარებს სხეულების დამუხტვის ექსპერიმენტულ კვლევას. სახელმძღვანელო, გვ. 20-21.

ექტივობა 2. მოსწავლე ამზადებს თვითნაკეთ ელექტროსტატიკურ მოცემული გაქვს: ფოლგა, ლითონის მავთული, გამჭვირვალე მინის ქილა პლასტმასის ხუფით. მაკრაბული, მასათი (მსხვილი ნემსი).

მოსწავლეს გასჭირდება: გახვრიტე პლასტმასის სახურავი. გამოჭერი ფოლგისგან ორი ფურცელი და დაამაგრე მავთულის მოხრილ ბოლოზე ისე რომ ფურცლებს თავისუფლად შეძლოს მოძრაობა. მავთულის მეორე მხარე გაუყარე სახურავში და ფურცლებიანად მოათავსე ქილაში. სახურავი მოარგე ქილას. მავთულის მეორე ბოლოზე დაამაგრე ფოლგისგან გაკეთებული ბურთული (დაამზადე ორი ელექტროსტატიკური). შეადარე შენ მიერ აწყობილი თვითნაკეთი ელექტროსტატიკური კონსტრუქციის დასამზადებულ სასკოლო ელექტროსტატიკურ მოცემულს.

ელექტროსტატიკის შესწავლამ ამ დასვა მრავალ კითხვებზე ლევენს სეკან-ძლებლობა მისცა სწორი პასუხები გაეცა.

მუხტების კვლევის მიზნით ლევენს გადამწყობა დაემზადებინა ორი ელექტროსტატიკური მოდელი. მოიხია საჭირო მასალა და მართივი ექსპერიმენტის გეგმის მიხედვით ააწყო ხელსაწყო.

შექმენი ელექტროსტატიკის მოდელი (ორი ცალი) და აღწერე მისი მოქმედების პრინციპი. ნაშრომი წარმოადგინე პრეზენტაციის სახით.

პრეზენტაციისას ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- რა მასალები შეაჩინე ელექტროსტატიკის დასამზადებლად და როგორ ააწყვე იგი (მატერია 1,2).
- როგორ დააკვირდები ელექტროსტატიკის მოდელის გამოყენებით: ა) ელექტროსტატიკის დამუხტვას; ბ) მუხტების დაგროვების მოვლენას; გ) მუხტების გადანაწილებას; დ) დამუხტული სხეულის მუხტის ნიშნის დადგენას; ე) ელექტროსტატიკის განმუხტვას (მატერია 1,2).
- როგორ ვლინდება ელექტრონული ურთიერთქმედების ძალის დამოკიდებულება მუხტის სიდიდეზე (მატერია 1, ძალა 1,2).
- ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით დაადგინე ელექტრული ძალის დამოკიდებულება მუხტების სიდიდეებსა და მათ შორის მანძილზე (ძალა 1,2,4).
- რა ანალიზითა და გრაფიკული ელექტრული ძალებს შორის. (მატერია 1, ძალა 1,4)
- როგორ ვლინდება ელექტრული მოვლენები ბუნებაში და როგორ გამოიყენება ყოფა-ცხოვრებაში (მატერია 1).

3) სხეულთა სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ენერჯისა და იმპულსის ცვლილებას, ხოლო მყარ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედისა და ამ ძალების მომენტების ჯამის მნიშვნელობა – სხეულის ნონასწორობის პირობას.

4) სხეულის (სხეულთა სისტემის) მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრებისა და ამ მდგომარეობის გამომწვევი ძალის (ძალების) ერთმანეთთან დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით.



თვითნაკვი ელექტროსკოპით მოსწავლე ატარებს დამუხტული სხეულების კვლევას: აქტივობა 3. დაკვირვება მუხტების დაგროვებაზე ელექტროსკოპით.

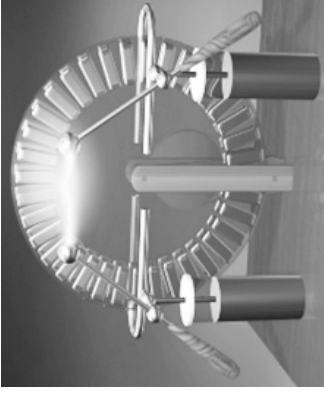
მსვლელობა: მოუახლოვე ელექტროსკოპის ბურთულას პლასტიკის საგარცხელი (ან სახაზავი), დააკვირდი ფოლგის ფურცლებს. რატომ არ გაიშალა ფოლგის ფურცლები? გაახახუნე სავარცხელი თმაზე და მიუახლოვე ელექტროსკოპის ბურთულას. დააკვირდი ფოლგის ფურცლებს შორის კუთხეს. რატომ განიზიდეს ფურცლებმა ერთმანეთი? შემდეგ კვლავ გაახახუნე სავარცხელი და მიუახლოვე იმავე ელექტროსკოპს. დააკვირდი როგორ შეიცვალა ფოლგის ფურცლებს შორის კუთხე. გამოიტანე დასკვნა: როგორ გროვდება მუხტები ელექტროსკოპზე.

აქტივობა 4. დაკვირვება მუხტების გადაწვევებზე ელექტროსკოპით.
მსვლელობა: პლასტიკის სავარცხელი დამუხტე შალზე ხახუნით და შეახე ელექტროსკოპის ბურთულას. დააკვირდი ფურცლების გამლის კუთხეს. დამუხტული ელექტროსკოპის ბურთულა ლითონის ლეროთი (რომელსაც შეხე რეზინის ხელთათმანით ან რაიმე იზოლაციური დახმარებით) შეაერთე დაუმუხტავ ელექტროსკოპის ბურთულასთან. შეაფასე ორივე ელექტროსკოპის ფურცლის გამლის კუთხეები. რატომ დაიბუხტა მეორე ელექტროსკოპი?
გამოიტანე დასკვნა: როგორ გადაწვევდა მუხტები ელექტროსკოპებზე? რატომ არის ტოლი ორივე ელექტროსკოპის გამლის კუთხე?

აქტივობა 5. სხეულის მუხტის ნიშნის დადგენა ელექტროსკოპით.
მსვლელობა: დამუხტე მინის ლერო აბრეშუმზე ხახუნით და შეახე ელექტროსკოპის ბურთულას. დააკვირდი ფურცლების გამლის კუთხეს. რა ნიშნით დაიბუხტება ელექტროსკოპი?
 დამუხტე პლასტიკის სავარცხელი შალზე ხახუნით და კვლავ შეახე ელექტროსკოპს. დააკვირდი ფურცლების გამლის კუთხეს, როგორ შეიცვალა ფურცლებს შორის კუთხე?
გამოიტანე დასკვნა: რა ნიშნით არის დამუხტული სავარცხელი?

აქტივობა 6. ელექტროსკოპის განმუხტვა.
მსვლელობა: დამუხტული ელექტროსკოპის ბურთულა ლითონის მავთულით დაამინე (მეორე ბოლო ღრმად ჩაუშვი მინაში). დააკვირდი ელექტროსკოპის ფურცლებს.
გამოიტანე დასკვნა: რატომ განიბუხტა ელექტროსკოპი?

აქტივობა 7. მოსწავლე აკვირდება ელექტროფორული მანქანის დამუხტვისა და განმუხტვის პროცესს ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით. მსჯელობს, როგორ არის დამოკიდებული ნაპერწკლის ინტენსიობა ბურთულეებზე დაგროვილი მუხტის სიდიდეზე (მათ შორის მანძილზე).



https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ele_wimshurst&l=en

აქტივობა 8. მოსწავლე აწყობს თვითნაკეთ სულთანს და მისი გამოყენებით ატარებს ექსპერიმენტებს.

მოცემული გაკვს: ფოლგის გრანილი (ცელოფანი), სკოჩი, საქსოვი ხის ჩხირი (ან კოქტილის სანრუბავი), პლასტიკლინი, მაკრატელი, პლასტმასის სახაზავი (ან საგარცხელი), მინის წკირი, შალისა და აბრეშუმის ქსოვილი.

მსვლელობა: დაჭერი ფოლგის ფურცლები (20 სმ სიგრძის) წეროლ ზოლებად და გაყავი ორ ტოლ ნაწილად. მათ შორის მოათავსე ჩხირი და შუაში შემოახვიე სკოჩი. პლასტიკლისგან გამოძერწე სადგამი და დაამაგრე ჩხირის თავისუფალი ბოლო. ანალოგიურად დამზადე მეორე სულთანი. დამუხტე სახაზავი ხახუნით და მიუახლოვე ერთ-ერთ სულთანს. რატომ განიზიდა სულთანის ფურცლები? დამუხტე ორივე სულთანი დამუხტული ელნიტის ჯოხით. რატომ განიზიდა ფურცლებმა ერთმანეთი? ივარაუდე, როგორ უნდა დამუხტო თითოეული სულთანი რომ ფურცლებმა მიიზიდონ ერთმანეთი. შენი ვარაუდი შეამოწმე ცდით.

გამოიტანე დასკვნა: როდის მიიზიდავს სულთანის ფურცლები ერთმანეთს და როდის განიზიდავს.

ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით დააკვირდი სულთანების დამუხტვა/განმუხტვის პროცესს.

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elipole_vandegraaff&l=en

სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები

ქვეცნება
ელექტრული მუხტი ნერტილოვანი მუხტი, ელექტრული ძალა, დამუხტვა, განმუხტვა.

- რა არის მუხტი?
- რას ნიშნავს სხეული დამუხტულია?
- როდის არის სხეული დადებითად დამუხტული? უარყოფითად?
- რომელი ნიშნით დამუხტული სხეულები განიზიდავენ ან მიიზიდავენ ერთმანეთს?
- როგორ ხდება სხეულების განმუხტვა?
- რა ნიშნის მუხტითაა დამუხტული დედამიწა და რა არის დამიწება?
- რომელი ხელსაწყოებით ადგენენ სხეული დამუხტულია თუ არა?
- რომელ ხელსაწყოს იცნობ, რომელსაც ელექტროსკოპის მუშაობის ანალოგიური პრინციპი აქვს?
- რატომ განიზიდავს ელექტროსკოპის ფურცლები დამუხტვის შედეგად?
- რატომ გაიზარდა სავარცხლით მეორეჯერ დამუხტვისას ფურცლებს შორის კუთხე?
- რა შემთხვევაში შემცირდება ელექტროსკოპის ფურცლებს შორის კუთხე?
- რა არის ელვა და როდის წარმოიქმნება იგი?
- ელვის დროს რა ნიშნის მუხტითაა დამოხტული ღრუბელი, დედამიწა და მათ შორის არსებული ჰაერი (ატმოსფერო)?
- როგორ შეიძლება ელექტროსკოპის გამოყენებით დამუხტული სხეულის მუხტის ნიშნის დადგენა?
- როგორ შეიძლება ელექტროსკოპის განმუხტვა?
- რატომ გროვდება მუხტი ადამიანზე სითეტიკური ტანსაცმლის ტარებისას?
- რატომ წარმოიშობა „მინი ელვა“ სითეტიკური ტანსაცმლის გახდისას?
- რა ანალოგიაა ტანსაცმლის გახდისას წარმოშობილ „მინი ელვას“ (ნაპერნკალსა) და ბუნებაში მიმდინარე ელვას შორის?
- როგორ ხდება ელექტროფორული მანქანის ბურთულების დამუხტვა?
- რა დამოკიდებულებაა ნაპერნკლის (განმუხტვის) ინტენსივობასა და ბურთულზე დაგროვილი მუხტის რაოდენობას შორის?
- როგორ იცვლება ბურთულებზე მუხტის დაგროვების დრო მათ შორის მანძილის გაზრდით?
- რა ანალოგიაა ელექტროფორული მანქანის განმუხტვასა და ელვას შორის?

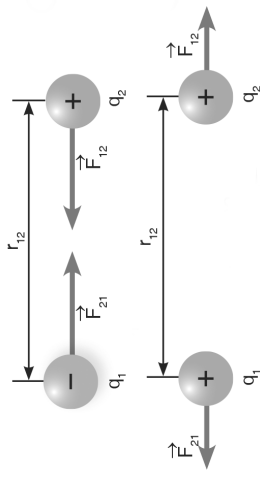
ნაბიჯი 2.

- ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით დაადგინე ელექტრული ძალის დამოკიდებულება მუხტების სიდიდეებსა და მათ შორის მანძილზე.
- რა ანალოგიაა გრაფიტაციულ და ელექტრულ ძალებს შორის.
- როგორ ვლინდება ელექტრული მოვლენები ბუნებაში და როგორ გამოიყენება ყოფა-ცხოვრებაში .

რესურსი/აქტივობა:
სახელმძღვანელო: 2.6 კულონის კანონი; 2.7 ამოცანების ამოხსნა.
 ტელესკოპის გაკვეთილი (მუხტი და კულონის კანონი) <https://1tv.ge/video/fizikis-dro-electruli-movlenebi-mukh-ti-da-kulonis-kanoni-teleskola/>

აქტივობა 1. მოსწავლე ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით ეცნობა უძრავ მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის დამოკიდებულებას მუხტების სიდიდესა და მათ შორის მანძილზე. მოსწავლე ატარებს ცდებს ვირტუალურ ლაბორატორიაში:
https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_en.html
 ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენების ინსტრუქცია კულონი კანონი.mp4

მოსწავლე თანმიმდევრულად ცვლის ა. მუხტების სიდიდეს; ბ. მუხტებს შორის მანძილს; აკვირდება და გამოაქვს დასკვნა თუ როგორ არის დამოკიდებული მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა მუხტების სიდიდესა და მათ შორის მანძილის ცვლილებაზე.



აქტივობა 2. მოსწავლე შეარჩევს მუხტების სიდიდებს. მათ შორის მანძილს შეუცვლელად შესაბამისად ზრდის და ამცირებს მუხტების სიდიდებს. თითოეულ შემთხვევაში აკვირდება ელექტრული ურთიერთქმედების ძალის სიდიდის ცვლილებას და მონაცემები შეაქვს ცხრილში. გამოაქვს დასკვნა, როგორ არის დამოკიდებული ურთიერთქმედების ძალა მუხტის სიდიდეზე.

ცხრილი 1

ცდის №	მუხტის სიდიდე, q_1	მუხტის სიდიდე, q_2	მუხტებს შორის მანძილი, r	ელექტრული ძალა, F
1				
2				
3				

აქტივობა 3. მოსწავლე არჩევს მუხტების სიდიდებს. ცვლის მათ შორის მანძილს ისე, რომ არ ცვლის მუხტების სიდიდებს. თითოეულ შემთხვევაში აკვირდება ელექტრული ურთიერთქმედების ძალის სიდიდის ცვლილებას და მონაცემები შეაქვს ცხრილში. გამოაქვს დასკვნა, როგორ არის დამოკიდებული ურთიერთქმედების ძალა მუხტებს შორის მანძილზე.

ცხრილი 2

ცდის №	მუხტის სიდიდე, q_1	მუხტის სიდიდე, q_2	მუხტებს შორის მანძილი, r	ელექტრული ძალა, F
1				
2				
3				

აქტივობა 4. მოსწავლე ხსნის ამოცანებს ფორმულების გამოყენებით და ადარებს მიღებულ შედეგს იმავე ამოცანის ამოხსნას ეორტულური ლაბორატორიის გამოყენებით:

- უძრავი წერტილოვანი თითოეული მუხტის სიდიდე 3-ჯერ გაიზარდა. როგორ შეიცვლება მათ შორის ურთიერთქმედების ძალა?
- მანძილი ორ წერტილოვან მუხტს შორის სამჯერ შემცირდა, ხოლო ერთი მუხტის სიდიდე 3-ჯერ გაიზარდა. როგორ შეიცვლება მათ შორის ურთიერთქმედების ძალა?

აქტივობა 5. მოსწავლე ხსნის ამოცანებს კულონის კანონზე სახელმძღვანელოდან/ამოცანათა კრებულიდან.

აქტივობა 6. მოსწავლე ვენის დიაგრამის გამოყენებით ადარებს გრავიტაციულ და ელექტრულ (კულონურ) ძალებს.

აქტივობა 7. მოსწავლე მოიძიებს ინფორმაციას ელექტრული მოვლენების გამოყენების შესახებ ყოფაცხოვრებაში. მაგალითად, დოზიმეტრში ელექტროსკოპის მუშაობის პრინციპის გამოყენება. <https://www.youtube.com/watch?v=6iCSr5Y2L-Y>

<p>სამიზე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ვინ და როგორ გაზომა მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა? • შესაძლებელია თუ არა ერთი სხეულის მეორეზე მოქმედება იყოს ცალმხრივი? • როგორ არის დამოკიდებული მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა წერტილოვანი მუხტების სიდიდესა და მათ შორის მანძილზე? • რაში მდგომარეობს კულონის კანონი? • რაში მდგომარეობს k პროპორციულობის კოეფიციენტის ფიზიკური არსი? • რა კავშირია ელექტრულ მუდმივასა და k პროპორციულობის კოეფიციენტს შორის?
<p>ქვეცნება ელექტრული მუხტი წერტილოვანი მუხტი, ელექტრული ძალა</p>	<ul style="list-style-type: none"> • რომელ სიდიდეებზეა დამოკიდებული სხეულების გრავიტაციული ურთიერთქმედების ძალა? • რა აქვთ საერთო გრავიტაციულ და ელექტრულ (კულონურ) ძალებს? • რით განსხვავდება გრავიტაციული და ელექტრული (კულონური) ძალები?

	<p>კომპლექსური დავალების პრეზენტაციის პროექტში მასწავლებლის მიერ დასმული შეკითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> • აღწერე, როგორ ნარიმართა დავალებაზე მუშაობის პროცესი; • აღწერე, რა პროდუქტი შექმენი; • რა საკითხს შეეხება შენი მიერ მომზადებული დავალება? • ახსენი, რატომ შექმენი მოდელი ასეთი სახით? რა ძირითადი მიმართებები გაქვს გამოტანილი? • შენი აზრით, ვინ უნდა დაინტერესდეს შენი მიერ შექმნილი მოდელით და რატომ? • რა პრობლემები შეგხვდა დავალებაზე მუშაობის პროცესში? • რას გააკეთებდი სხვაგვარად, ახლა რომ იწყებდე დავალებაზე მუშაობას? • თუ შეგისრულებია აქამდე მსგავსი ფორმის, ან შინაარსის დავალება? • შენი აზრით, რით ჰგავს და რით განსხვავდება შენი დავალება შენი თანაკლასელების ნაშრომებისგან? 	
--	---	--

მოსწავლის ბარათი

კლასი	კომპლექსური დავალება: „ელექტროსკოპი“, X კლასი
თემა:	ელექტროსტატიკა
სამიზნე ცნება:	მატერია, ძალა
საკითხები:	<p>სხეულების დამუხტვა/ ორგვარი მუხტი. ელემენტარული მუხტი, მუხტების მიზიდვა/განზიდვა, ელექტრული მუხტის შენახვის კანონი</p> <p>დამუხტვის სახეები/ გავლენით, შეხებით, დარტყმით, სიათლის სხივებით, ხახუნით</p> <p>დამუხტულ სხეულების ურთიერთქმედების ძალა/ მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა; კულონის კანონი</p>
საკვანძო შეკითხვა	როგორ წარმოვაჩინო სხეულების დამუხტვისა და განმუხტვის არსი ელექტროსკოპის მოდელის გამოყენებით?
<p>კომპლექსური დავალების პირობა:</p>	<p>ელექტროსკოპი</p> <p>რა კარგია გაზაფხულზე ბუნებაში სეირნობა. თუმცა ამინდი უცაბედად შეიძლება შეიცვალოს და წამოვიდეს წვიმა, რომელსაც თან ახლავს თვალის მომჭრელი გაელვება და ქუხილის ხმა. ლევანი პატარობიდანვე ოცნებობდა როდის გაიზრდებოდა, რომ სრულფასოვნად გაეგო ამ ბუნებრივი მოვლენის არსი. რას ნიშნავდა, რომ ღრუბელი დადებოდა არის დამუხტული, დედამინა კი უარყოფითად. რა არის განმუხტვა და, რატომ წარმოიშობოდა ელვა.</p> <p>ელექტროსტატიკის შესწავლამ ამ და სხვა მრავალ კითხვაზე ლევანს შესაძლებლობა მისცა სწორი პასუხები გაეცა. მუხტების კვლევის მიზნით ლევანმა გადაწყვიტა დაემზადებია ორი ელექტროსკოპი. მოიძია საჭირო მასალა და მარტივი ექსპერიმენტის გეგმის მიხედვით ააწყო ხელსაწყო.</p> <p>შექმენი ელექტროსკოპის მოდელი (ორი ცალი) და აღწერე მისი მოქმედების პრინციპი. ნაშრომი წარმოადგინე პრეზენტაციის სახით.</p> <p>პრეზენტაციისას ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე:</p> <ul style="list-style-type: none"> • რა მასალები შეარჩიე ელექტროსკოპის დასამზადებლად და როგორ ააწყვე იგი. (მატერია 1,2) • როგორ დააკვირდები ელექტროსკოპის მოდელის გამოყენებით: ა) ელექტროსკოპის დამუხტვას; ბ) მუხტების დაგროვების მოვლენას; გ) მუხტების გადანაწილებას; დ) დამუხტული სხეულის მუხტის ნიშნის დადგენას; ე) ელექტროსკოპის განმუხტვას. (მატერია 1,2) • როგორ ვლინდება ელექტროსკოპის გამოყენებით ელექტრული ურთიერთქმედების ძალის დამოკიდებულება მუხტის სიდიდეზე. (მატერია 1, ძალა 1,2) • ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებით დაადგინე ელექტრული ძალის დამოკიდებულება მუხტების სიდიდეებსა და მათ შორის მანძილზე. (ძალა 1,2,4) • რა ანალოგიაა გრავიტაციულ და ელექტრულ ძალებს შორის. (მატერია 1, ძალა 1,4) • როგორ ვლინდება ელექტრული მოვლენები ბუნებაში და როგორ გამოიყენება ყოფაცხოვრებაში. (მატერია 1)
რესურსები	<p>სახელმძღვანელო:</p> <p>2.1 ელექტრული მუხტი; 2.2 სხეულების დამუხტვის ექსპერიმენტული კვლევა; 2.3 სხეულების დამუხტვა, მუხტის მუდმივობის კანონი; 2.4 ელექტრული ველი; 2.5 დამუხტული სხეულების ექსპერიმენტული კვლევა; 2.6 კულონის კანონი; 2.7 ამოცანების ამოხსნა. 2.8 შემავალი გაკვეთილი“</p> <p>ტელესკოლის გაკვეთილები:</p> <p>ელექტრული მოვლენები https://1tv.ge/video/fizikis-dro-i-gakvetili-30-marti-2020-teleskola/ მუხტი და კულონის კანონი https://1tv.ge/video/fizikis-dro-eleqtruli-movlenebi-mukhti-da-kulon-is-kanoni-teleskola/</p> <p>სამოტივაციო ვიდეო: სფერული ელვა https://www.youtube.com/watch?v=lwR14D3NA8c სხვადასხვა ელვა https://www.youtube.com/watch?v=e57_5Eyh-v0 ელექტროსკოპის დამზადება https://www.youtube.com/watch?v=2PmWIPjV6n0</p>


	<p>ვირტუალური ლაბორატორიის ბმულები: ელექტროფორული მანქანა https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ele_wimshurst&l=en ვან დე გრააფის გენერატორი https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_vandegraaff&l=en კულონის კანონი https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_en.html</p>
<p>მოდელი/ ექსპერიმენტი</p>	<p>I. თვითნაკეთი ელექტროსკოპის დამზადება. მოცემული გაქვს: ფოლგა, ლითონის მავთული, გამჭვირვალე მინის ქილა პლასტმასის ხუფით. მაკრატელი, მახათი(მსხვილი ნემსი).</p> <p>მსვლელობა: გახვრიტე პლასტმასი სახურავი.გამოჭერი ფოლფისგან ორი ფურცელი და დაამაგრე მავთულის მოხრილ ბოლოზე ისე რომ ფურცლებს თავისუფლად შეესძლოს მოძრაობა. მავთულის მეორე მხარე გაუყარე სახურავში და ფურცლებიანად მოათავსე ქილაში. სახურავი მოარგე ქილას. მავთულის მეორე ბოლოზე დაამაგრე ფოლგისგან გაკეთებული ბურულა. (დაამზადე ორი ელექტროსკოპი) თვითნაკეთი ელექტროსკოპით ჩაატარე დამუხტული სხულების კვლევა.</p> <p>II. თვითნაკეთი სულთანის დამზადება მოცემული გაქვს: ფოლგის გრანილი (ცელოფანი), სკოჩი, საქსოვი ხის ჩხირი (ან კოქტეილის სანრუპავი), პლასტელინი, მაკრატელი, პლასტმასის სახაზავი (ან სავარცხელი), მინის წკირი, შალისა და აბრეშუმის ქსოვილი.</p> <p>მსვლელობა: დაჭერი ფოლგის ფურცლები (20 სმ სიგრძის) წვრილ ზოლებად და გაყავი ორ ტოლ ნაწილად. მათ შორის მოათავსე ჩხირი და შუაში შემოახვიე სკოჩი. პლასტელისგან გამოძერწე სადგამი და დაამაგრე ჩხირის თავისუფალი ბოლო. ანალოგიურად დაამზადე მეორე სულთანი. დამუხტე სახაზავი ხახუნით და მიუახლოვე ერთ-ერთ სულთანს. რატომ განიზიდა სულთანის ფურცლები? დამუხტე ორივე სულთანი დამუხტული ებონიტის ჯოხით. რატომ განიზიდა ფურცლებმა ერთმანეთი? ივარაუდე, როგორ უნდა დამუხტო თითოეული სულთანი რომ ფურცლებმა მიიზიდონ ერთმანეთი. შენი ვარაუდი შეამოწმე ცდით.</p> <p>გამოიტანე დასკვნა: როდის მიიზიდავს სულთანის ფურცლები ერთმანეთს და როდის განიზიდავს.</p>

მოსწავლის მიღწევის ტაქსონომია

დამუხტული სხეულების ელექტროსკოპით კვლევა

შეფასების კრიტერიუმი	კომენტარი
<p>პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.</p>	<p>მოსწავლემ ვერ შეასრულა დავალება</p>
<p>უნისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლემ იცის, რა მასალებისგან ამზადებენ ელექტროსკოპს, მაგრამ ვერ ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები/ან ამზადებს ელექტროსკოპს, მაგრამ ვერ ხსნის მის დანიშნულებას/ან იცის, რომ ელექტროსკოპით შესაძლებელია ელექტრული მუხტის დაგროვება, ვერ ხსნის როგორ ხდება დაგროვება/ან იცის კულონის კანონი, მაგრამ ვერ ასაბუთებს ანალოგიას გრავიტაციულ და ელექტრულ ძალებს შორის.</p>
<p>მულტისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლემ იცის რა ნივთიერებისგან ამზადებენ ელექტროსკოპს, მაგრამ ვერ ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები. ქმნის ელექტროსკოპის მოდელს, იცის რა დანიშნულება აქვს ელექტროსკოპს, მაგრამ ვერ ხსნის ცდების შედეგებს. იცის კულონის კანონი, ატარებს ცდებს ვირტუალურ ლაბორატორიაში, მაგრამ ვერ ასაბუთებს ანალოგიას გრავიტაციულ და ელექტრულ ძალებს შორის.</p>
<p>მიმართებითი დონე მოსწავლეს შეუძლია:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<p>მოსწავლემ იცის რა ნივთიერებისგან ამზადებენ ელექტროსკოპს, ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები. ქმნის ელექტროსკოპის მოდელს, იცის რა დანიშნულება აქვს ელექტროსკოპს. შეუძლია ელექტროსკოპის გამოყენებით შესაბამისი ექსპერიმენტების ჩატარება: ა) როგორ დამუხტოს ელექტროსკოპი, ბ) როგორ გადანაწილება მუხტები, გ) მუხტების დაგროვება, დ) დამუხტული სხეულის მუხტის ნიშნის დადგენა. შეუძლია ცდების შედეგების ახსნა და დასკვნების გამოტანა. იცის კულონის კანონი, ატარებს ცდებს ვირტუალურ ლაბორატორიაში, ასაბუთებს ანალოგიას გრავიტაციულ და ელექტრულ ძალებს შორის. აღარებს ელექტროფორული მანქანის განმუხტვასა და ელვას ერთმანეთს.</p>
<p>აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს შეუძლია სამიზნე ცნებაზე მუშაობის პროცესში შექმნილი ცოდნისა და გამოცდილების ეროვნული სასწავლო გეგმის ზესაგნობრივ (მაკრო) ცნებებთან დაკავშირება.</p>	<p>მოსწავლემ იცის რა ნივთიერებისგან ამზადებენ ელექტროსკოპს, ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები. ქმნის ელექტროსკოპის მოდელს, იცის რა დანიშნულება აქვს ელექტროსკოპს. შეუძლია ელექტროსკოპის გამოყენებით შესაბამისი ექსპერიმენტების ჩატარება: ა) როგორ დამუხტოს ელექტროსკოპი, ბ) როგორ გადანაწილება მუხტები, გ) მუხტების დაგროვება, დ) დამუხტული სხეულის მუხტის ნიშნის დადგენა. შეუძლია ცდების შედეგების ახსნა და დასკვნების გამოტანა. იცის კულონის კანონი, ატარებს ცდებს ვირტუალურ ლაბორატორიაში, ასაბუთებს ანალოგიას გრავიტაციულ და ელექტრულ ძალებს შორის. შეუძლია შესაბამისი ამოცანების ამოხსნა. შეუძლია მიღებული ცოდნის ტრანსფერი ყოფა-ცხოვრებასა და ბუნებაში. მაგალითად, აღარებს ელექტროფორული მანქანის განმუხტვასა და ელვას ერთმანეთს. შეუძლია ახსნას დოზიმეტრში ელექტროსკოპების მუშაობის პრინციპის გამოყენება.</p>

კომპლექსური დავალები: ფარადეის გალია.
თემა: ელექტროსტატიკა

<p>სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:</p>	<p>საკითხი/საკითხები</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელექტრული ველი/ელექტრული ველის ძალები, ერთგვაროვანი ველი • ელექტრული ველის დაძაბულობა/ ელექტრული ველის სუბერპოზიციის პრინციპი • გამტარები ელექტრული ველში/ელექტროსტატიკური ინდუქცია/ მუხტის შედაბირული სიმკვრივე. <p>ქმედებები: ელექტროსტატიკური ინდუქცია, მუხტის შედაბირული სიმკვრივე, ელექტრული ველის დაძაბულობა, ელექტრული ველის სუბერპოზიციის</p>	<p>საკვანძო შეკითხვა/ შეკითხვები:</p> <p>რატომ ამზადებენ ფარადეის გალიას გამტარი-საგან და იყენებენ ელექტრული ველის მკრანირებისთვის?</p>	<p>შუალედური სასწავლო მიზანი</p>
<p>„მატერია“ მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) მატერიის ორი სახის, ნოტიოებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები დამოკიდებულია: <ol style="list-style-type: none"> ა) ნოტიოების გვარობასა და გარემო პირობებზე. ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთქმედებებზე და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე. 2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები აიხსნება: <ol style="list-style-type: none"> ა) ნოტიოების შემადგენელი ნაწილაკების ქარსურად მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით; ბ) ველის წარმოქმნელი 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 აღვჩინოთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით. 	<p>კომპლექსური დავალები ეტაპები (რესურსები, აქტივობები):</p> <p>1 ეტაპი: კომპლექსური დავალების ფორმ ნაბიჯი 1. როგორ უნდა წარმოვიჩინო საკუთარი ცოდნა შესასწავლ საკითხთან დაკავშირებით</p> <p>რესურსი/აქტივობა:</p> <p>აქტივობა 1. მასწავლებელი მოსწავლეებს აჩვენებს სამოტივაციო ვიდეოს. მოსწავლეები მსჯელობენ, როგორ იცავს ადამიანს სპეციალური კოსტუმში ძლიერი ელექტრული ველისგან.</p> <p>სპექტაკლი ფარადეის კოსტუმში https://www.youtube.com/watch?v=QqEesFaboV4</p> <p>მალალი ძაბვის სადენებზე მუშაობა https://www.youtube.com/watch?v=0BJyEAW-6G</p> <p>აქტივობა 2. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს მოდელის არსს და განიხილავს მაგალითებს. მოსწავლეები მსჯელობენ და ინიშნავენ რეგულში მოდელის შესაქმნელად საჭირო რესურსსა და ეტაპებს. გამოთქვამენ თავიანთ მოსაზრებებს.</p> <p>მოდელის გაცნობა (ზოგადი) რა არის მოდელი. https://emis188-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/khatuna_ggeshidze_teachers_gov_ge/EbED3AXvIBHhHLC0mcg94B4TgJckUKRtnD5JetjGpblQ?time=Zsrs9ggLZkg</p> <p>აქტივობა 3. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს „ფარადეის გალიას“ მოდელის დამზადების ვიდეოს. მოსწავლეები მსჯელობენ, რა რესურსია საჭირო „ფარადეის გალიის“ დასამზადებლად.</p>	<p>კომპლექსური დავალების პირობა:</p>  <p>ფარადეის გალია</p> <p>ადრეული ბავშვობა და საინტერესო თამაში – „ციკვა-ცხელა“. ბავშვები რიგრიგობით მალავენ სხვადასხვა ნივთს (მაგ., მობილურს). ერთ-ერთი მათგანი ექებს. როცა მაძიებელი უახლოვდება დამალულ ნივთს, ისმის შეხბილი – „ცხელა“, დაშორებისას კი – „ცივა“.</p> <p>დათოს როგიც დგება. იგი მობილურს ისეთ ადგილზე მალავს, რომ მეგობრები დიდი ხნის ძებნის შემდეგაც ვერ პოულობენ. დარეკვისას ზარიც არ გადის. დათო საიდუმლოს ამხელს, მან ჩართული მობილური მიკროტელეფონი ლუმენში დამალა, რაც უფროსმა მეგობარმა უჩრია. ამ მოულოდნელ მოთამაშებებს უჭირთ.</p> <p>მალა კლასებში ფიზიკის გაკვეთილებზე მიღებული ცოდნის გამოყენებით დათო და მისი მეგობრები მიხვდნენ, რომ მიკროტელეფონი ლუმენი მინიატიურულ „ფარადეის გალიას“ წარმოადგენს.</p>	

„ფიზიკური პროცესი“ მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ:

- 1) ყველა ფიზიკურ მოვლენასა და მის დამახასიათებელ პროცესს განაზოგებებს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი. მათ შორის კავშირების დადგენა კი მეცნიერების მთავარი ამოცანაა.
- 2) ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობის აღსაწერად, მეცნიერები ამ მოვლენებს შესაბამის ფიზიკურ პროცესებს იყენებენ. თითოეული პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომელთა ურთიერთ-დაკავშირებითაც შესაძლებელია ამ პროცესის აღწერა.
- 3) ფიზიკური პროცესების მასსა და მათი სიდიდის განსაზოგებას და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა მეთოდებით.

ყუთი და ფოლგა
<https://www.youtube.com/watch?v=IX3n2nb3VuU>
 ალუმინის სათლიდან დამზადებული
<https://www.youtube.com/watch?v=EoOZY1ftI3c>

სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისყოფილი, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები

- რა არის მოდეული?
- რა ტიპის მოდეულებს იცნობთ?
- რატომ იყენებენ მეცნიერები მოდეულებს?
- რა რესურსი დაგჭირდება „ფარადეის გალიის“ დასამზადებლად?
- რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევს „ფარადეის გალიის“ მოდეულის შესაქმნელად?
- რა მოვლენების შესასწავლად გამოიყენებთ თქვენ მიერ დამზადებულ „ფარადეის გალიას“?

ქვეცნება
 ელექტროსტატიკური ინდუქცია,

II ეტაპი: კომპლექსური დავალების შინაარსი

ნაბიჯი 1.

- როგორ შეიძლება ელექტრული ველის ძალნირების ვიზუალიზაცია (მაგ., ზეთითა და ბურღულით)
- რაში მდგომარეობს ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენა.
- როგორ ვლინდება ელექტრული ველის სუპერპოზიციის პრინციპი გამტარის ელექტრულ ველში მოთავსებისას?

რესურსი/აქტივობა:

სახელმძღვანელო: 2.9 ელექტრული ველის დამაბულობა; 2.10 ელექტრული ველის ძალნირები; 2.11 ამოსხეზი ამოცანები; 2.12 გამტარები ელექტრულ ველში.
 ტელესკოლის გაკვეთილი (ელექტრული ველი გამტარში და დიელექტრიკში) <https://1tv.ge/video/fizikis-dro-eleqtruli-movlenebi-eleqtruli-veli-gamtarshi-da-dieleqtrikebshi-teleskola/>
 გამტარი ელექტრულ ველში: <https://www.youtube.com/watch?v=yhwjbnh5wA>
 ელექტრული ველის ეკრანირება <https://www.youtube.com/watch?v=QU0fLnuCE6A>

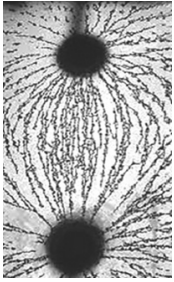
აქტივობა 1. მოსწავლე კულონის კანონის გამოყენებით იკვლევს, თუ რაზეა დამოკიდებული ელექტრულ ველში ნერტილოვან მუხტზე მოქმედი ძალის შეფარდება ამ მუხტის სიდიდესთან. მოსწავლე მსჯელობს ელექტრული ველის დამაბულობაზე, როგორც ელექტრული ველის ძალურ მახასიათებელზე.

მათ გადაწყვიტეს შეეკმნათ „ფარადეის გალია“ და საფუძვლიანად შეესწავლათ მისი მოქმედების პრინციპი, რათა პასუხი გაეცათ კითხვაზე: „სად და რისთვის იყენებენ „ფარადეის გალიას“ ანალიზურად დათვის მეცნიერების, შეეკმნი „ფარადეის გალიის“ მოდეული და ახსენი, რატომ არ იჭერდა მიკროტალღურ ლუმენში მოთავსებული ჩართული მობილური შემოსულ ზარებს. ნაშრომი წარმოადგინე პრეზენტაციის სახით.

პრეზენტაციისას ნაშრომი ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- როგორ შეიძლება ელექტრული ველის ძალნირების ვიზუალიზაცია (მაგ., ზეთითა და ბურღულით) **(მატერია 1.3).**
- რაში მდგომარეობს ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენა **(მატერია 1, ფიზიკური პროცესი 1)?**
- როგორ ვლინდება ელექტრული ველის სუპერპოზიციის პრინციპი გამტარის ელექტრულ ველში მოთავსებისას **(მატერია 1.3, ფიზიკური პროცესი 2.3)?**
- რა მასალები შეაჩრიე „ფარადეის გალიის“ დასამზადებლად და რატომ. როგორ ააწყვე იგი. **(მატერია 1)?**
- სად, რატომ და როგორ გამოიყენება ყოფაცხოვრებასა და ტექნიკაში ელექტრული ველის ეკრანიზაცია **(მატერია 1; ფიზიკური პროცესი 1)?**

აქტივობა 2. მოსწავლე ვიდეორეჟისურაზე დაყრდნობით მსჯელობს ელექტროლი ველის ძაღნირების განლაგებაზე (შესაძლებელია ელექტროლი ველის ვიზუალიზაციის სადემონსტრაციო ცდის ჩატარება).
ელექტროლი ველის ძაღნირებზე დაკვირვება
<https://www.youtube.com/watch?v=p22q-aH-Xh4>

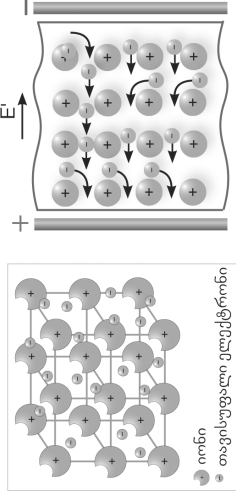


აქტივობა 3. მოსწავლე განიხილავს ვირტუალური ლაბორატორიის მეორე და მესამე ექსპერიმენტს და მსჯელობს ელექტროლი ველის ძაღნირების განლაგებაზე.
ვირტუალური ლაბორატორია:

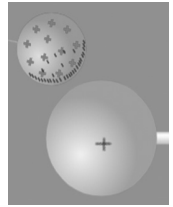
https://www.vascak.cz/data/android/physicschool/template.php?s=elpole_vandegraaff&l=en
მოსწავლეს ასევე შეუძლია ელექტროლი ველის ძაღნირებზე დასაკვირვებლად გამოიყენოს ვირტუალური ლაბორატორიის სხვა ბმული: https://www.vascak.cz/data/android/physicschool/template.php?s=elpole_pole&l=en

აქტივობა 4. მოსწავლე აღწერს მეტალის სტრუქტურას და მსჯელობს ელექტროსტატიკური ინდუქციის შესახებ.

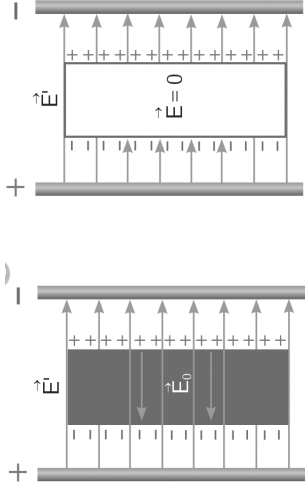
ატარებს ვირტუალური ლაბორატორიის მეხუთე ექსპერიმენტს მეტალის ბურთულის გამოყენებით, მსჯელობს და გამოაქვს დასკვნა ელექტროლი ველში მოთავსებულ გამტარში მუხტების გადანაწილების შესახებ.



https://www.vascak.cz/data/android/physicschool/template.php?s=elpole_vandegraaff&l=en



აქტივობა 5. მოსწავლე განიხილავს მეტალის ფირფიტაში მუხტების გადანაწილების პროცესს და მსჯელობს რატომ არის მეტალის ფირფიტის შიგნით ელექტრული ველი 0-ის ტოლი.



აქტივობა 6. მასწავლებელი ატარებს სადემონსტრაციო ექსპერიმენტს (სახ., გვ. 50, გაზრება)

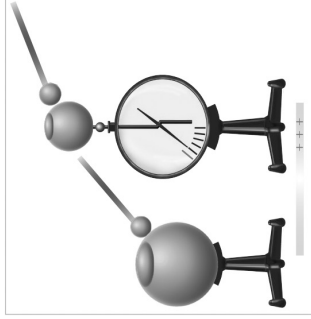
მოცემული გაქვს: ელექტრომეტრი, იზოლირებულ სადგარზე დამაგრებული ლითონის ღრუ სფერო, მიწის ღერო, ქაღალდი ან აბრეშუმის ქსოვილი, ლითონის ბურთულა იზოლატორიანი სახელურით.

მსვლელობა: აბრეშუმზე ხახუნით დამუხტული მიწის ღეროთი დამუხტე სადგარზე დამაგრებული ღრუ სფერო. შეახე იზოლატორზე დამაგრებული ლითონის ბურთულა დამუხტული ღრუ სფეროს გარე ნაწილს. ელექტრომეტრით შეამოწმე მისი მუხტის სიდიდე.

განმუხტე ბურთულა და ელექტრომეტრი ხელის შეხებით. ისევ შეახე ბურთულა იზოლატორიანი სახელურით ღრუ სფეროს შიდა ნაწილს და ელექტრომეტრით შეამოწმე მისი მუხტის სიდიდე.

აღწერე ექსპერიმენტი. იმსჯელე, რატომ არ გადაიხარა ელექტრომეტრის ისარი ბურთულის შეხებისას მეორე შემთხვევაში.

გამოიტანე დასკვნა: დამუხტული სფეროს შიდა და გარე ნაწილში მუხტის არსებობის შესახებ.

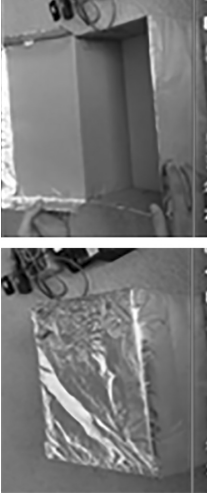


აქტივობა 7. მოსწავლე განიხილავს ვირტუალური ლაბორატორიის მეოთხე ექსპერიმენტს და მსჯელობს წრიული მეტალის ბადეს შიგნით ელექტრული ველის ეკრანირების შესახებ.

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_vandegraaff&l=en

	<p>სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირიბისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები</p> <p>ქვეცნება</p> <p>ელექტროსტატიკური ინდუქცია, მუხტის შედაბირული სიმკვრივე, ელექტრული ველი, ელექტრული ველის დაძაბულობა, ელექტრული ველის სუპერპოზიცია</p>	<ul style="list-style-type: none"> • რა არის ელექტრული ველი? • როგორ ხორციელდება ურთიერთქმედება დამუხტულ სხეულებს შორის უხეშების გარეშე? • როგორ ვლინდება ელექტრული ველის არსებობა? • რა წარმოქმნის ელექტრულ ველს? • რომელი ხელსაწყოთი შეიძლება ელექტრული ველის არსებობის დადგენა? • რომელი ფიზიკური სიდიდით ხასიათდება ელექტრული ველი სივრცის მოცემულ წერტილში? • რა ძალით მოქმედებს ელექტრული ველი მასში მოთავსებულ მუხტზე? • რა არის ელექტრული ველის დაძაბულობა? • რატომ არის დაძაბულობა ველის ძალური მახასიათებელი? • რომელი ფორმულით გამოითვლება ელექტრული ველის დაძაბულობა? • რომელი ფორმულით გამოითვლება წერტილოვანი მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობა ველის მოცემულ წერტილში? • რაში მდგომარეობს ელექტრული ველის სუპერპოზიციის პრინციპი? • რა არის ელექტრული ველის ძალწინრი? • როგორ გამოსახავენ ელექტრული ველის განაწილებას სივრცეში? • რას ეწოდება გამტარი? • რას ეწოდება თავისუფალი ელექტრონი? • როგორი სტრუქტურა აქვს მეტალს? • რა მიმართულებით იმობილურებს თავისუფალი ელექტრონი ელექტრულ ველში? • რატომ ეწოდება ელექტროსტატიკურ ინდუქციას გავლენით დამუხტვა? • რა განსაკუთრებული თვისება აქვთ გამტარებს ელექტრულ ველში მოთავსებისას? <p>ნაბიჯი 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> • რა მასალები შეაჩივებ „ფარადეის გალიის“ დასამზადებლად და რატომ. როგორ ააწყებ იგი. • სად, რატომ და როგორ გამოიყენება ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში ელექტრული ველის ეკრანიზაცია. <p>რესურსი/აქტივობა: სახელმძღვანელო: 2.19 შემავარჯშებელი გაკვეთილი</p> <p>აქტივობა 1. მოსწავლე აკეთებს „ფარადეის გალიას“ მოცემული გაქვს: ფოლგის გრაფილი, ნებისმიერი ზომის მუყაოს თავსახურიანი ყუთი (მაგ., ფეხსაცმლის), მობილური ტელეფონი, მაკრატელი, ნებო.</p>
--	---	--

მსვლელობა: ყუთს ორ ფენად შემოაკარი ფოლგის ფურცელი (სურ.ა) დაანებე კუთხეებში ისე, რომ ფოლგა თავსახურის კოდექსაც ფარავდეს. მოათავსე ყუთში ჩართული მობილური და ყუთს მჭიდროდ დახურე თავსახური. დაშორდი ყუთს და დარეკე მობილურზე. რატომ არ ირეკება მობილურზე?



ყუთი და ფოლგა https://www.youtube.com/watch?v=PHT7J_aebEI

აქტივობა 2. მოსწავლე იკვლევს ელექტრული ველის ეკრანირებას.

მოცემული გაკვს: ელექტრომეტრი, ებონიტის ღერი, შალის ქსოვილი, ლითონის ბადე.

მსვლელობა: მიუახლოვე ელექტრომეტრს შალზე სახუნის შედეგად დამუხტული ებონიტის ღერი (სურ. ა). შეაფასე ელექტრომეტრის ისრის გადახრის კუთხე. რატომ გადაიხარა ელექტრომეტრის ისარი? მოათავსე ელექტრომეტრსა და ებონიტის ღეროს შორის ლითონის ბადე(სურ.ბ). რატომ დაემუვა ელექტრომეტრის ისარი?

მოაშორე ბადე ელექტრომეტრს, ისე რომ დამუხტული ებონიტის ღერი ადვილზე დარჩეს.

ა. რატომ გადაიხარა ელექტრომეტრის ისარი?

ბ. რა ანალოგია ფარადეის ცდასა და შენ მიერ ჩატარებულ ცდებს შორის.

გამოიტანე დასკვნა: ელექტრული ველის გავრცელების შესახებ „ფარადეის გალიას“ შიგნით და გარეთ.



აქტივობა 3. მოსწავლე მიიძიებს ინფორმაციას: „ფარადეის გალიის“ გამოყენება ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში. თითოეულ შემთხვევაში მსჯელობს ელექტრული ველის ეკრანირების დანიშნულებაზე.

დამცავი ჩანთა ტელეფონებისა და პლანშეტებისთვის:
<https://www.youtube.com/watch?v=9vTb17uZaiE>
https://www.youtube.com/watch?v=I6K1unRc_Dk

	<p>სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტორებული შეკითხვები</p> <p>ქვეცნება ელექტროსტატიკური ინდუქცია, ელექტრული ველი, ელექტრული ველის სუპერპოზიცია</p>	<ul style="list-style-type: none"> • რატომ შეარჩიე „ფარადის გალიის“ დასამზადებლად ყუთი და ფოლგა? • ყუთისთვის ცელოფანის შემოვლების შემთხვევაში მიიღებდი „ფარადის გალიას“? • რა ნივთიერებისგან ამზადებენ მობილური ტელეფონის და პლანშეტის დამცავ ჩანთას? • რატომ გამოიყენება ფარადის გალია ზოგიერთი ხელსაწყოთვის? • რომელი სპეციალობის ადამიანებს ესაჭიროებათ „ფარადის გალიის“ პრინციპზე შეკერილი სამუშაო კოსტიუმი?
	<p>კომპლექსური დავალების პრეზენტაციის პროცესში მასწავლებლის მიერ დასმული შეკითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> • აღწერე, როგორ წარმოიქმნა დავალებაზე მუშაობის პროცესი; • აღწერე, რა პრობლემები შექმნილიყვნენ? • რა საკითხს შეეხება შენი მომზადებული დავალება? • ასევე, რატომ შექმნილიყვნა ასეთი სახით? რა ძირითადი მიმართებები გაქვს გამოტანილი? • შენი აზრით, ვინ უნდა დაინტერესდეს შენი შექმნილი მოდელით და რატომ? • რა პრობლემები შეგზავდა დავალებაზე მუშაობის პროცესში? • რას გააკეთებდი სხვაგვარად, ახლა რომ იწყებდე დავალებაზე მუშაობას? • თუ შეგისრულებია აქამდე მსგავსი ფორმის ან შინაარსის დავალება? • შენი აზრით, რით ჰგავს და რით განსხვავდება შენი დავალება შენი თანაკლასელების ნაშრომებისგან? 	

მოსწავლის ბარათი


კლასი	კომპლექსური დავალება: „ფარადეის გალია“, X კლასი
თემა:	ელექტროსტატიკა
სამიზნე ცნება:	მატერია, ფიზიკური პროცესი
საკითხები:	ელექტრული ველი/ ელექტრული ველის ძალწირები, ერთგვაროვანი ველი ელექტრული ველის დაძაბულობა/ ელექტრული ველის სუპერპოზიციის პრინციპი გამტარები ელექტრულ ველში/ ელექტროსტატიკური ინდუქცია/ მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე
საკვანძო შეკითხვა	რატომ ამზადებენ ფარადეის გალიას გამტარისაგან და იყენებენ ელექტრული ველის ეკრანი- რებისთვის?
კომპლექსური დავალების პირობა:	<p>ფარადეის გალია</p> <p>ადრეული ბავშვობა და საინტერესო თამაში – „ცივა-ცხელა“. ბავშვები რიგ-რიგობით მალავენ სხვადასხვა ნივთს (მაგ., მობილურს). ერთ-ერთი მათგანი ეძებს. როცა მადიებელი უახლოვდება და მალულ ნივთს, ისმის შეძახილი – „ცხელა“, დამორებისას კი – „ცივა“.</p> <p>დათოს რიგიც დგება. იგი მობილურს ისეთ ადგილზე მალავს, რომ მეგობრები დიდი ხნის ძებნის შემდეგაც ვერ პოულობენ. დარეკვისას ზარიც არ გადის. დათო საიდუმლოს ამხელს, მან ჩართული მობილური მიკროტალღურ ლუმელში დამალა, რაც უფროსმა მეგობარმა ურჩია. ამ მოვლენის ახსნა მოთამაშეებს უჭირთ.</p> <p>მალალ კლასებში ფიზიკის გაკვეთილებზე მიღებული ცოდნის გამოყენებით დათო და მისი მეგობრები მიხვდნენ, რომ მიკროტალღური ლუმელი მინიატურულ „ფარადეის გალიას“ წარმოადგენს. მათ გადაწყვიტეს შეექმნათ „ფარადეის გალია“ და საფუძვლიანად შეესწავლათ მისი მოქმედების პრინციპი, რათა პასუხი გაეცათ კითხვაზე: სად და რისთვის იყენებენ ფარადეის გალიას.</p> <p>ანალოგიურად დათოს მეგობრებისა, შექმენი „ფარადეის გალიის“ მოდელი და ახსენი, რატომ არ იჭრდა მიკროტალღურ ლუმელში მოთავსებული ჩართული მობილური შემოსულ ზარებს. ნაშრომი წარმოადგინე პრეზენტაციის სახით.</p> <p>პრეზენტაციისას ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე:</p> <ul style="list-style-type: none"> როგორ შეიძლება ელექტრული ველის ძალწირების ვიზუალიზაცია (მაგ., ზეთითა და ბურღულით) (მატერია 1,3) რაში მდგომარეობს ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენა (მატერია 1, ფიზიკური პროცესი 1) როგორ ვლინდება ელექტრული ველის სუპერპოზიციის პრინციპი გამტარის ელექტრულ ველში მოთავსებისას (მატერია 1,3; ფიზიკური პროცესი 2,3) რა მასალები შეარჩიე „ფარადეის გალიის“ დასამზადებლად და რატომ. როგორ ააწყვე იგი. (მატერია 1) სად, რატომ და როგორ გამოიყენება ყოფაცხოვრებასა და ტექნიკაში ელექტრული ველის ეკრანიზაცია (მატერია 1; ფიზიკური პროცესი 1)
რესურსები	<p>სახელმძღვანელო: 2.9 ელექტრული ველის დაძაბულობა; 2.10 ელექტრული ველის ძალწირები; 2.11 ამოხსენი ამოცანები; 2.12 გამტარები ელექტრულ ველში; 2.19 შემაჯამებელი გაკვეთილი</p> <p>ტელესკოლის გაკვეთილები: ელექტრული ველი გამტარში და დიელექტრიკში https://1tv.ge/video/fizikis-dro-eleqtruli-movle-nebi-eleqtruli-veli-gamtarshi-da-dieleqtrikebshi-teleskola/</p> <p>სამოტივაციო ვიდეო: სპექტაკლი ფარადეის კოსტიუმში https://www.youtube.com/watch?v=QqEesFaboV4 მალალი ძაბვის სადენებზე მუშაობა https://www.youtube.com/watch?v=oBJyEAW-6g ყუთი და ფოლგა https://www.youtube.com/watch?v=iX3n2nb3VuU ალუმინის სათლიდან დამზადებული https://www.youtube.com/watch?v=EoQZY1FtI3c</p> <p>ვირტუალური ლაბორატორიის ბმულები: მეორე და მესამე ექსპერიმენტი, ელექტრული ველის ძალწირების განლაგება https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_vandegraaff&l=en ელექტრული ველის ძალწირებზე დაკვირვება https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_pole&l=en</p>

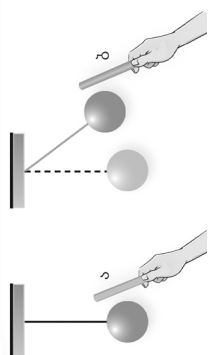
	<p>მეხუთე ექსპერიმენტი, ელექტროსტატიკური ინდუქცია https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_vandegraaff&l=en მეოთხე ექსპერიმენტი, ელექტრული ველის ეკრანირება https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=elpole_vandegraaff&l=en</p>
<p>მოდელი/ ექსპერიმენტი</p>	<p>I. „ფარადის გალის“ დამზადება. მოცემული გაქვს: ფოლგის გრაგნილი, ნებისმიერი ზომის მუყაოს თავსახურიანი ყუთი (მაგ., ფეხსაცმლის), მობილური ტელეფონი, მაკრატელი, ნებო. მსვლელობა: ყუთს ორ ფენად შემოაკარი ფოლგის ფურცელი (სურ.ა) დაანებე კუთხეებში ისე, რომ ფოლგა თავსახურის კიდეებსაც ფარავდეს. მოათავსე ყუთში ჩართული მობილური და ყუთს მჭიდროდ დახურე თავსახური. დაშორდი ყუთს და დარეკე მობილურზე. რატომ არ ირეკება მობილირზე? ყუთი და ფოლგა https://www.youtube.com/watch?v=PHT7J_aebEI</p> <p>II. ელექტრული ველის ეკრანირების კვლევა მოცემული გაქვს: ელექტრომეტრი, ებონიტის ღერო, შალის ქსოვილი, ლითონის ბადე. მსვლელობა: მიუახლოვე ელექტრომეტრს შალზე ხახუნის შედეგად დამუხტული ებონიტის ღერო (სურ. ა). შეაფასე ელექტრომეტრის ისრის გადახრის კუთხე. რატომ გადაიხარა ელექტრომეტრის ისარი? მოათავსე ელექტრომეტრსა და ებონიტის ღეროს შორის ლითონის ბადე (სურ.ბ). რატომ დაეშვა ელექტრომეტრის ისარი? მოაშორე ბადე ელექტრომეტრს, ისე რომ დამუხტული ებონიტის ღერო ადგილზე დარჩეს. ა. რატომ გადაიხარა ელექტრომეტრის ისარი? ბ. რა ანალოგიაა ფარადის ცდასა და შენ მიერ ჩატარებულ ცდებს შორის.</p> <p>გამოიტანე დასკვნა: ელექტრული ველის გავრცელების შესახებ „ფარადის გალის“ შიგნით და გარეთ. ექსპერიმენტის ჩატარებაში დაგეხმარებათ ვიდეო (2.15 ნუთიდან) https://www.youtube.com/watch?v=_qGNPli_XkU</p>

ფანაღვის გაღია, მოსწავლის მიღწევის ტაქსონომია

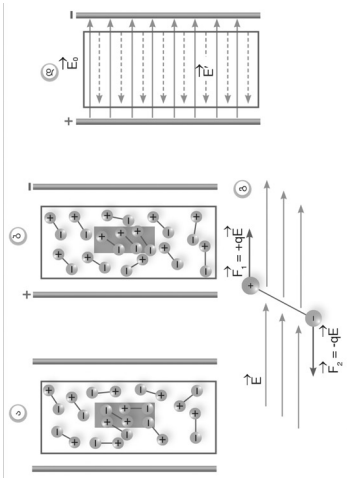
შეფასების კრიტერიუმი	კომენტარი
<p>პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.</p>	<p>მოსწავლემ ვერ შეასრულა დავალება</p>
<p>უნიტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლემ იცის რა ქმნის ელექტრულ ველს, მაგრამ ვერ ხსნის რას ეწოდება ელექტრული ველის ძალნირი/ან იცის რას ეწოდება გამტარი, მაგრამ ვერ ხსნის ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენას/ან იცის, რა მასალებისგან ამზადებენ „ფარადეის გალიას“, მაგრამ ვერ ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები/ან ამზადებს „ფარადეის გალიას“, მაგრამ ვერ ხსნის მის დანიშნულებას/ან იცის, რომ „ფარადეის გალიის გამოყენებით შესაძლებელია ელექტრული ველის ეკრანიზაცია, მაგრამ ვერ აღწერს ამ პროცესს.</p>
<p>მულტიტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლემ იცის რა ქმნის ელექტრულ ველს, ხსნის რას ეწოდება ელექტრული ველის ძალნირი/ან იცის რას ეწოდება გამტარი, აღწერს ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენას/ან იცის, რა მასალებისგან ამზადებენ „ფარადეის გალიას“, ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები/ან ამზადებს „ფარადეის გალიას“, მსჯელობს მის დანიშნულებას/ან იცის, რომ „ფარადეის გალიის გამოყენებით შესაძლებელია ელექტრული ველის ეკრანიზაცია, მაგრამ ვერ აღწერს ამ პროცესს.</p>
<p>მიმართებითი დონე მოსწავლეს შეუძლია:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<p>მოსწავლემ იცის რა ქმნის ელექტრულ ველს, ხსნის რას ეწოდება ელექტრული ველის ძალნირი. იცის რას ეწოდება გამტარი, აღწერს ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენას. იცის, რა მასალებისგან ამზადებენ „ფარადეის გალიას“, ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები. ამზადებს „ფარადეის გალიას“, მსჯელობს მის დანიშნულებას. იცის, რომ „ფარადეის გალიის“ გამოყენებით შესაძლებელია ელექტრული ველის ეკრანიზაცია, აღწერს ამ პროცესს. მოსწავლე მოიძიებს ინფორმაციას „ფარადეის გალიის“ გამოყენების შესახებ ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში, მსჯელობს ელექტრული ველის ეკრანიზების დანიშნულებაზე.</p>
<p>აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს შეუძლია სამიზნე ცნებაზე მუშაობის პროცესში შექმნილი ცოდნისა და გამოცდილების ეროვნული სასწავლო გეგმის შესაბამისად (მაკრო) ცნებებთან დაკავშირება.</p>	<p>მოსწავლემ იცის რა ქმნის ელექტრულ ველს, ხსნის რას ეწოდება ელექტრული ველის ძალნირი. იცის რას ეწოდება გამტარი, აღწერს ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენას. იცის, რა მასალებისგან ამზადებენ „ფარადეის გალიას“, ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები. ამზადებს „ფარადეის გალიას“, მსჯელობს მის დანიშნულებას. იცის, რომ „ფარადეის გალიის“ გამოყენებით შესაძლებელია ელექტრული ველის ეკრანიზაცია, აღწერს ამ პროცესს. მოსწავლე მოიძიებს ინფორმაციას „ფარადეის გალიის“ გამოყენების შესახებ ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში, მსჯელობს ელექტრული ველის ეკრანიზების დანიშნულებაზე.</p> <p>შეუძლია მიღებული ცოდნის ტრანსფერი ყოფა-ცხოვრებასა და ბუნებაში. მაგალითად, მსჯელობს მაღალი ძაბვის ხელსაწყოებთან მუშაობისას სპეციალური მანქანების ელექტროსტატიკური დაცვისთვის საჭირო ტანსაცმლის გამოყენების შესახებ (მაღალი ძაბვის სადენები, ანძები, ჯიხურები, ხელსაწყოები). შეუძლია ახსნას როგორ იცავს ლითონის ბადისაგან დამზადებული ჩანთა ელექტრულ ხელსაწყოებს (მობილური, პლანშეტი, საბანკო ბარათები) გარე ელექტრული ველისაგან.</p>

კომპლექსური დაავალება: კონდენსატორის მოდელი.
თემა: ელექტროსტატიკა

<p>სამიზენ ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:</p>	<p>საკითხი/ქვესაკითხები ელექტრული ველის მუშაობა/ ელექტრული ველის პოტენციალური ენერგია, პოტენციალი კონდენსატორი/კონდენსატორის ტიპები და კონდენსატორის ენერგია, კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება ქვეცნებები: დიელექტრიკი, გამტარი, ელექტრული დიპოლი, პოლარიზაცია, დიელექტრიკული შეღწევადობა, ელექტრული ველის რიკული მუდგვა, ელექტრული ველის ენერგია, ელექტრული ველის მუშაობა, პოტენციალი, ეკვიპოტენციური ზედაპირი, ელექტროტენციადობა, მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე, კონდენსატორის ენერგია, ელექტრული ველის ენერჯიის სიმკვრივე.</p>	<p>საკვანძო შეკითხვა / შეკითხვები: როგორ წარმოვიჩინო კონდენსატორის მოდელის დამზადება და კონდენსატორის მუშაობის პრინციპი პოსტერში?</p>	<p>შუალედური სასწავლო მიზანი</p>
<p>„მატიკა“ მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) მატერიის ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები დამოკიდებულია: ა) ნივთიერების გვარობასა 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 მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით; ბ) ველის წარმოქმნელი ობიექტების მოძრაობით,</p>	<p>კომპლექსური დაავალების დაბეჭდვის ეტაპები (რესურსები, აქტივობები): 1 ეტაპი: კომპლექსური დაავალების ფორმის ნაბიჯი 1. როგორ უნდა წარმოვიჩინო საკუთარი ცოდნა შესასწავლ საკითხთან დაკავშირებით? რესურსი/აქტივობა: აქტივობა 1. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს კონდენსატორის მოდელის არსს და განიხილავს მგალობლებს. მოსწავლეები მსჯელობენ და ინიშნავენ რვეულში მოდელის შესაქმნელად საჭირო რესურსსა და ეტაპებს. გამოთქვამენ თავიანთ მოსაზრებებსა. მოდელის გაცნობა (ზოგადი). რა არის მოდელი https://emis188-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/khatuna_ggeshidze_teachers_gov_ge/EbeD3AxxIBHhHLC0mc9f4B47gJckUKRtnD5JctGpblQ?rttime=y0tYozg8Uzkg პლასტმასის ბოლით https://www.youtube.com/watch?v=1hP3HKje3k აქტივობა 2. მოსწავლეები ეცნობიან სასწავლო ვიდეოს და მსჯელობენ კონდენსატორში დაგროვილი ენერჯიის გამოყენების შესახებ. https://www.youtube.com/watch?v=5hFC9ugTGLs აქტივობა 3. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს პოსტერის მაგალითებს და ისინი მსჯელობენ პოსტერზე ინფორმაციის განლაგების შესახებ. როგორ შევქმნათ პოსტერი. https://emis188-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/khatuna_ggeshidze_teachers_gov_ge/ES4jqDZ6apKh2-FVJ70xYB5BAmp47kDlJp3qH7-Ohb-g?e=VaEM0c&fbclid=IwAR3JKI-_z1WtKerHacniA3bq5UHgST8SA_EGFFh4ukahFu3mrOD2OpB7BqY</p>	<p>დავალების პირობა:</p>  <p>კონდენსატორის მოდელი და ენერგია ბათუმი. ზღვის სანაპირო. ნინოსა და ალის ქანდაკება. მეათეკლასელი ახალგაზრდების ჯგუფი, რომლებიც სურათებს იღებენ ციფრული ფოტოკამერით ქანდაკებასთან. მოაზროვნე ახალგაზრდებს შორის ერთ-ერთი მეტსახელად „ინჟინერის“ კითხვები მეგობრებისადმი: რომელ ხელსაწყოს ამსგავსებთ ნინოსა და ალის ქანდაკებას? რომელი ხელსაწყო გამოიყენება ფოტოკამერის ნათურის ასანთებად? შემქმნი კონდენსატორის მოდელი და პოსტერზე აღწერ მისი მოქმედების პრინციპი. ნაშრომი წარმოადგინე პრეზენტაციის სახით.</p>	

<p>სიერცული განლაგებით და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის ნარმოქმნის უნარი.</p> <p>3) მატერიალს მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილებების გამოწვევები მიზეზებთან შესაძლებელია აღვნიშნოთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.</p> <p>„ენერჯა“</p> <p>მოსწავლე უნდა გააცნობიეროს, რომ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) სისტემის შემადგენელ სხეულებს მათი მოძრაობისა და სხვა სხეულებთან ურთიერთქმედების გამო, ასევე სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და მათი ერთმანეთთან ურთიერთქმედების გამო შესაძლებელია გაჩნდეთ სხვადასხვა სახის ენერჯა, რომელიც შესაძლებელია გარდაიქმნას ერთი სახიდან მეორეში. 2) სხეულთა სისტემის ენერჯის ცვლილებას განსაზღვრავს მის მიერ (მასზე გარე ძალების მიერ) მუშაობის შესრულება ან/და თბოგადაცემა, ხოლო სხეულთა სისტემის მიერ შესრულებული მუშაობის (ენერჯის ცვლილების) სისწრაფეს – მის მიერ განვითარებული სიმძლავრე. 3) სხეულთა სისტემის ენერჯებისა და მათი ცვლილების დამოკიდებულება ენერჯების ცვლილების გამოწვევებზე მიზეზებთან შესაძლებელია აღვნიშნოთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით. 	<p>სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები</p> <p>ქვეცნება</p> <p>ელექტრული ველის ენერჯა, კონდენსატორის ენერჯა</p>	<ul style="list-style-type: none"> • რა არის მოდელი? • რა ტიპის მოდელებს იცნობთ? • რატომ იყენებენ მეცნიერები მოდელებს? • რატომ ვეძიებთ კონდენსატორის მოდელს? • რა რესურსი დაგჭირდება კონდენსატორის დასამზადებლად? • რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევს კონდენსატორის მოდელის შესაქმნელად? • რა დანიშნულება აქვს კონდენსატორს? • ვიდრის მიხედვით რომელ ენერჯად გარდაიქმნა კონდენსატორის ენერჯა? • შეგიქმნიათ თუ არა პოსტერი? • რა უნდა ვიცოდეთ პოსტერის შესაქმნელად? • რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევთ პოსტერის შესაქმნელად? 	<p>პრეენტაციისას ნაშრომი ხაზგასმით წარმოაჩინე:</p> <ul style="list-style-type: none"> • რა მასალები შეარჩიე კონდენსატორის დასამზადებლად და რატომ? როგორ დაამზადე კონდენსატორი? (მატერია 1) • რა სახის ენერჯის დაგროვება შესაძლებელია კონდენსატორში და როგორ შეიძლება ამ ენერჯის გამოყენება? (მატერია 1; ენერჯა 1,2,3) • მოიძიე და აღწერე, სად გამოიყენება კონდენსატორები ყოფაცხოვრებაში და რა ფუნქცია აქვთ მათ? (ენერჯა 1,2) • როგორ შეიძლება კონდენსატორების სხვადასხვა სახის შეერთებით ჯამური ტევადობის მართვა? (ენერჯა 1,2,3)
<p>II ეტაპი: კომპლექსური დავალებების შინაარსი</p> <p>ნაბიჯი 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> • რა მასალები შეარჩიე კონდენსატორის დასამზადებლად და რატომ? როგორ დაამზადე კონდენსატორი? <p>რესურსი/აქტივობა:</p> <p>სახელმძღვანელო: 2.13 დიელექტრიკები ელექტრულ ველში; 2.20, ელექტროტევიდობა, კონდენსატორი; 2.21 ელექტროტევიდობის ექსპერიმენტული კვლევა; 2.26 შემჯამებული გაკვეთილი.</p> <p>ტელესკოლის გაკვეთილი (ელექტრული ველი გამტარში და დიელექტრიკში) https://1tv.ge/video/fizikis-dro-eleqtruli-movlenabi-eleqtruli-veil-gamtarshi-da-dieleqtrikebshi-teleskola/</p> <p>აქტივობა 1. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს კონდენსატორის მოდელის დამზადების ნიმუშებს. მოსწავლეები შეარჩევენ მათთვის სასურველ მოდელს. ქალაქით https://www.youtube.com/watch?v=vktzwb1_50 თეფშებით https://www.youtube.com/watch?v=JOaVpNg_pQ4</p> <p>აქტივობა 2. მოსწავლე მსჯელობს სურათზე გამოსახული სიტუაციის შესახებ.</p>	<p>იფიქრე და იმსჯელე</p> <p>რატომ არ გადაიხარა ლითონის ბურთულა ადეროს მახასიათებლის, ხოლო ბურთულა მახასიათებლის კოვადიანარა? რომელი დერო არის ლითონის და რომელი დიელექტრიკის?</p> 	<p>II ეტაპი: კომპლექსური დავალებების შინაარსი</p> <p>ნაბიჯი 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> • რა მასალები შეარჩიე კონდენსატორის დასამზადებლად და რატომ? როგორ დაამზადე კონდენსატორი? <p>რესურსი/აქტივობა:</p> <p>სახელმძღვანელო: 2.13 დიელექტრიკები ელექტრულ ველში; 2.20, ელექტროტევიდობა, კონდენსატორი; 2.21 ელექტროტევიდობის ექსპერიმენტული კვლევა; 2.26 შემჯამებული გაკვეთილი.</p> <p>ტელესკოლის გაკვეთილი (ელექტრული ველი გამტარში და დიელექტრიკში) https://1tv.ge/video/fizikis-dro-eleqtruli-movlenabi-eleqtruli-veil-gamtarshi-da-dieleqtrikebshi-teleskola/</p> <p>აქტივობა 1. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს კონდენსატორის მოდელის დამზადების ნიმუშებს. მოსწავლეები შეარჩევენ მათთვის სასურველ მოდელს. ქალაქით https://www.youtube.com/watch?v=vktzwb1_50 თეფშებით https://www.youtube.com/watch?v=JOaVpNg_pQ4</p> <p>აქტივობა 2. მოსწავლე მსჯელობს სურათზე გამოსახული სიტუაციის შესახებ.</p>	<p>პრეენტაციისას ნაშრომი ხაზგასმით წარმოაჩინე:</p> <ul style="list-style-type: none"> • რა მასალები შეარჩიე კონდენსატორის დასამზადებლად და რატომ? როგორ დაამზადე კონდენსატორი? (მატერია 1) • რა სახის ენერჯის დაგროვება შესაძლებელია კონდენსატორში და როგორ შეიძლება ამ ენერჯის გამოყენება? (მატერია 1; ენერჯა 1,2,3) • მოიძიე და აღწერე, სად გამოიყენება კონდენსატორები ყოფაცხოვრებაში და რა ფუნქცია აქვთ მათ? (ენერჯა 1,2) • როგორ შეიძლება კონდენსატორების სხვადასხვა სახის შეერთებით ჯამური ტევადობის მართვა? (ენერჯა 1,2,3)

2. სურათზე გამოჩნდა დიპოლების განლაგება დიელექტრიკის ელექტრულ ველში მოთავსებამდე (სურ. 74 ა), ისევე: ა. როგორ შეიცვლება დიპოლების ორიენტაცია დიელექტრიკის \vec{E}_0 დაძაბულობის ველში მოთავსებისას (სურ. 74 ბ, გ) ბ. შეადარე ვარე \vec{E} , ველისა და დიელექტრის მიერ შექმნილი \vec{E}' ელექტრული ველის დაძაბულობების ვექტორების მიმართობები (სურ. 74 დ). გამოიტანე დასკვნა ჯამური ელექტრული ველის სიძლიერის შესახებ.



აქტივობა 3.

კონდენსატორის დამზადება

ა) ცილინდრული ფორმის კონდენსატორი

მოცემული გაქვს: ქალაღის ფურცლები, ფოლგის გრაგნილი, ნებო, მაკრატელი, ლითონის გამტარები, ფერადი ფურცლები (სასურველია ნებოვანი), სკოჩი.

მსვლელობა: გამოჭერი თაბახის ფურცელზე ოდნავ მკირე ზომის ფოლგის ორი ფურცელი. ნაუსვი ნებო თაბახის ფურცელს და ზედ მჭიდროდ დაანებე ფოლგის ფურცელი. მის ერთ-ერთ კუთხეში სკოჩით დაანებე გამტარის ბოლო.

ნაუსვი ნებო სხა თაბახის ფურცელს და დაანებე ფოლგის ფურცელს (რომელზეც გამტარია დამაგრებული). კვლავ ნაუსვი ნებო იმავე თაბახის მეორე გვერდს და მჭიდროდ დაანებე ფოლგა.

ფოლგის მეორე კუთხეში (რომელიც მდებარეობს პირველი მავთულის დამაგრების ნერტილიდან დიამეტრალურად) სკოჩით დაამაგრე მეორე მავთულის ბოლო. მავთულიანი ფოლგა დაფარე ნებონასმული თაბახით, დაახვიე ისე, რომ გრაგნილი მიიღო.

კონდენსატორის მოდელს გარედან შემოახვიე ფურადი ქსალაღები და გააფორმე იგი. ანალოგიური გვემის მიხედვით შეგიძლია ააწყო სხვადასხვა ზომის რამდენიმე კონდენსატორი.

ბ) პრეტყელი კონდენსატორი

მოცემული გაქვს: ფოლგის გრაგნილი, სამი ერთჯერადი თეფში, საბავშვო ზეთი, მაკრატილი, მავთული, სკოტი.

მსვლელობა: გამოჭერი ფოლგისაგან თეფშის საყრდენი ფართობის ზომის ორი ნრე შეერილით (სურ.ა). ნაუსვი თეფშს ფსკერზე ზეთი და მჭიდროთ დააკარი ფოლგის ნრე. შემდეგ მეორე თეფშის ფსკერს ნაუსვი ზეთი და ძირით მოთავსე ფოლგის თეფშზე. იმავე თეფშს ზედაპირზე ნაუსვი ზეთი და დააკარი ფოლგა ისე, რომ ფოლგის შეერილებს ურთიერთსაწინააღმდეგო მდებარეობა ჰქონდეს (სურ.ბ).

ნაუსვი მესამე თეფშის ძირს ზეთი და მოთავსე ფოლგის თეფშზე. გამტარების ბოლოები გაასუფთავე იზოლატორისაგან და სკოჩით დაამაგრე ფოლგის მვერილებზე.

სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისუკონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები

კვანძები – დიექტრიკი, გამტარი, ელექტრული დიპოლი, პოლარიზაცია, დიექტრიკული შეღწევადობა, ელექტროტევეადობა

- გამტარობის მიხედვით როგორი ნივთიერებები არსებობს?
- რა განსხვავებაა გამტარებსა და დიექტრიკებს შორის?
- რა სახის დიექტრიკი არსებობს?
- რას ეწოდება ელექტრიკი დიპოლი?
- რას უწოდებენ პოლარიზაციას?
- რა პროცესები მიმდინარეობს პოლარული და არაპოლარული დიექტრიკის ელექტრულ ველში მოთავსებისას?
- რა არის დიექტრიკული შეღწევადობა?
- შენ მიერ აწვრილი კონდენსატორების მოდელში, რომელია შემონაფენები და რომელია დიექტრიკი?
- რატომ ათავსებენ კონდენსატორის შემონაფენებს შორის დიექტრიკს?

ნაბიჯი 2.

- რა სახის ენერჯის დაგროვებაა შესაძლებელი კონდენსატორში და როგორ შეიძლება ამ ენერჯის გამოყენება?
- მოიხიე და აღწერე, სად გამოიყენება კონდენსატორები ყოფა-ცხოვრებაში და რა ფუნქცია აქვთ მათ?

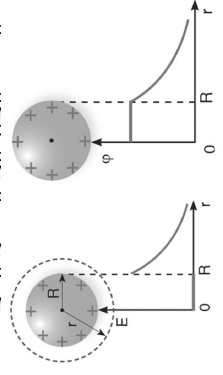
რესურსი/აქტივობა:

სახელმძღვანელო 2.14 ელექტრული ძალის მუშაობა; **2.15** ელექტრული ველის პოტენციალი; **2.16** დამუხტული სხეულების ენერჯისა და პოტენციალის კვლევა; **2.17** პოტენციალთა სხვაობა. ეკვიპოტენციალური ზედაპირები; **2.18** ამოცანების ამოხსნა; **2.22** ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევეადობა; **2.23** კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერჯია. ტელესკოლის გაკვეთილი (ელექტრული ველი და პოტენციალი) <https://1tv.ge/video/fizikis-dro-eleqtruli-movlenebi-eleqtruli-veli-da-potenciali-teskola/>

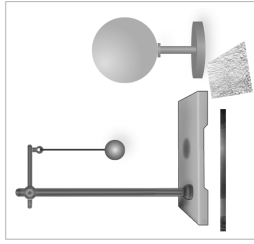
ტელესკოლის გაკვეთილი (ელექტროტევეადობის გამოყენება თანამდროვე ტექნოლოგიებში): <https://1tv.ge/video/fizikis-dro-iv-gakvetili-3-april-2020-teskola/>

აქტივობა 1. მოსწავლე მსჯელობს ჩაკეტილ ტრაექტორიაზე გრაფიტაციული ძალისა და ელექტრული ძალის მიერ შესრულებულ მუშაობას შორის ანალიზის შესახებ (სახელმ. გვ.56, გააზრება)

აქტივობა 2. სურათზე გამოსახული გრაფიკის მიხედვით მოსწავლე მსჯელობს ელექტრული ველის დასაბულობისა და პოტენციალის მანძილზე დამოკიდებულების შესახებ (სახელმ. გვ. 58, გააზრება)



აქტივობა 3. მოსწავლე ატარებს დამუხტული სხეულებს სხეულებს ურთიერთქმედების ენერჯის ექსპერიმენტულ კვლევას (სახელმ. გვ.59, ექსპერიმენტი I)



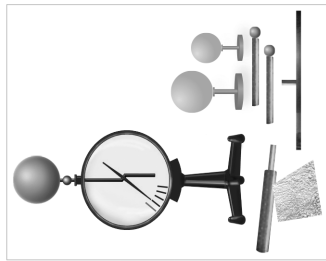
მოცემული გაქვს: შტატივი, ძაფზე დაკიდებული თხელი ალუმინის ფურცლის (ფოლგის) ბურთულა, ებონიტის (პლასტმასის) ღერი, იზოლატორის სადგამზე დამაგრებული ლითონის სფერო, შალის ქსოვილი.

მსვლელობა: დამუხტე ებონიტის ღერი შალის ქსოვილზე ხახუნით. დამუხტული ღეროს შეხებით დამუხტე ბურთულა და სფერო. სფერო მიუახლოვე ბურთულას დაახლოებით 2 სმ მანძილზე. დააკვირდი ბურთულას გადახრას (ჰორიზონტალური ზედაპირიდან აწევის სიმაღლის მიხედვით). შეაფასე ბურთულას პოტენციალური ენერჯის ცვლილება. იგივე ცდა გაიმეორე სფეროსა და ბურთულას შორის მანძილის გაზრდისას. კვლავ შეაფასე ბურთულის პოტენციალური ენერჯის ცვლილება.

გამოიტანე დასკვნა:

- ა. რატომ შეიცვალა ბურთულას პოტენციალური ენერჯია დამუხტულ სფეროსთან ურთიერთქმედების შედეგად.
- ბ. რომელმა ძალამ გამოიწვია ბურთულის გადახრა და შესაბამისად შეასრულა მუშაობა?
- გ. რა კავშირია ბურთულას ენერჯის ცვლილებასა და სხეულების ელექტრული ურთიერთქმედებისა შესრულებულ მუშაობას შორის?

აქტივობა 4. მოსწავლე ატარებს დამუხტული სხეულებს ელექტრული ველის პოტენციალის ექსპერიმენტულ კვლევას (სახელმ. გვ.59, ექსპერიმენტი II)

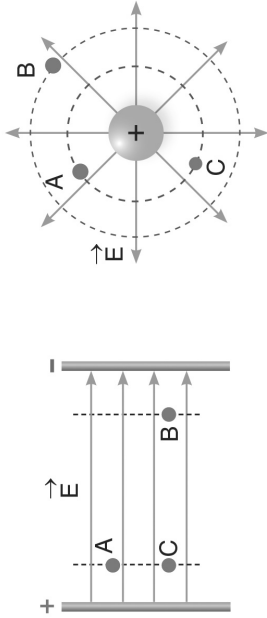


მოცემული გაქვს: იზოლატორიან სადგარზე დამაგრებული ორი განსხვავებული ზომის ლითონის სფერო, ებონიტის ღერი, იზოლატორის ღერიზე დამაგრებული ორი მცირე ზომის ლითონის ბურთულა, შალის ქსოვილი ელექტრომეტრი, გამტარი ღერი იზოლირებული სახელურით.

მსვლელობა: დამუხტე ებონიტის ღერი შალის ქსოვილზე ხახუნით. ღერიზე დაგროვილი მუხტი შეხებით გადაეცი იზოლატორზე დამაგრებულ პატარა ბურთულას. დამუხტული ბურთულა შეახე მეორე, ასეთივე დაუმუხტავ ბურთულას, რის შედეგადაც ბურთულებს შორის მუხტები თანაბრად გადანაწილდება. გადაეცი მუხტი თითოეულ სფეროს თითოეული ბურთულის შეხებით. სახელურიანი ღეროს საშუალებით თითოეული სფერო რიგ რიგობით შეაერთე დაუმუხტავ ელექტრომეტრს და დააკვირდი ელექტრომეტრის ჩვენებას თითოეულ შემთხვევაში. შეადარე ელექტრომეტრის ჩვენებები თითოეულ შემთხვევაში. რომელ სფეროსთან შეხებისას გადიხარა ელექტრომეტრის ისარი მეტად?

გამოიტანე დასკვნა: რომელი სფეროს პოტენციალია მეტო ერთი და იმავე სიდიდის მუხტის გადაცემისას?

აქტივობა 5. სურათის მიხედვით მოსწავლე ადარებს ელექტროსტატიკური ველის პოტენციალს სხვადასხვა წერტილში, მსჯელობს ამ წერტილებს შორის პოტენციალთა სხვაობასა და ე.კვოტენციალურ ზედაპირებზე.

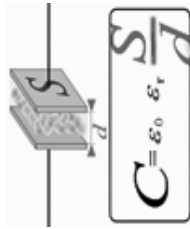


აქტივობა 6. მოსწავლე ხსნის ამოცანებს ელექტრული ველის მუშაობაზე, პოტენციალზე და პოტენციალთა სხვაობაზე სახელმძღვანელოდან/ამოცანათა კრებულიდან.

აქტივობა 7. მოსწავლე ვიდეორგოლის საშუალებით ეცნობა კონდენსატორში დაგროვილი ელექტრული ენერჯიის მექანიკურ ენერჯიაში გარდაქმნას. მსჯელობს კონდენსატორში დაგროვილი ელექტრული ენერჯიის სხვა სახის ენერჯიად გარდაქმნის შესახებ.
<https://www.youtube.com/watch?v=5hFC9ugTGLs>

აქტივობა 8. მოსწავლე ატარებს ცდებს ვირტუალურ ლაბორატორიაში. ვირტუალური ლაბორატორია – კონდენსატორი https://www.vasak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=elpole_kondenzator&l=en

I. მოსწავლე თანმიმდევრულად ცვლის: ა) კონდენსატორის ფირფიტების ფართობს; ბ) ფირფიტებს შორის მანძილს; გ) დიელექტრიკს. აკვირდება კონდენსატორის ტევადობის ცვლილებას თითოეულ შემთხვევაში და გამოაქვს დასკვნა, თუ როგორ არის დამოკიდებული კონდენსატორის ტევადობა მის მახასიათებლებზე.

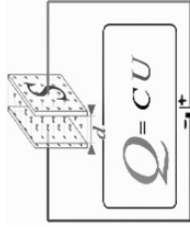


II. მოსწავლე შეარჩევს კონდენსატორის მახასიათებლებს და გამოითვლის ტევადობას. მონაცემები შეაქვს ცხრილში.

ცხრილი 1

ცდის №	ფირფიტის ფართობი, S	მანძილი ფირფიტებს შორის, d	დიელექტრიკის შეღწევალობა, ε	ტევადობა, C
1				
2				
3				

III. მოსწავლე შეარჩევს მოცემული ტევადობის კონდენსატორისთვის ძაბვის მნიშვნელობებს, გამოითვლის კონდენსატორის მუხტს და ენერგიას. მონაცემები შეაქვს ცხრილში.

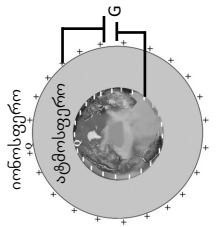


ცდის №	ტევადობა, C	ძაბვა, U	მუხტი, Q	კონდენსატორის ენერგია, W
1				
2				
3				

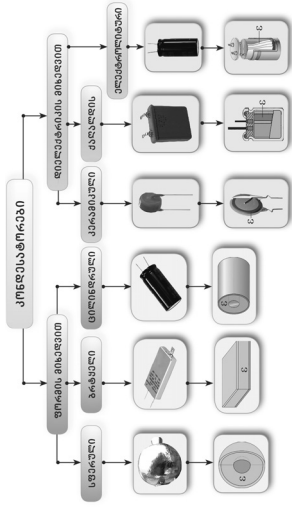
აქტივობა 9. მოსწავლე ხსნის ამოცანებს ანალიზურად (ფორმულებს გამოყენებით) და ადარებს მიღებულ შედეგს იგივე ამოცანის ამოხსნას კირტულური ლაბორატორიის გამოყენებით:

- როგორ შეიცვლება ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა, თუ შემონაფენებს შორის მანძილი:
 - გაიზრდება 2-ჯერ; ბ. შემცირდება 2-ჯერ.
- როგორ შეიცვლება ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა, თუ თითოეული ფირფიტის ფართობი 2-ჯერ შემცირდება და ასევე ფირფიტებს შორის მანძილი 2-ჯერ შეიცვლება.

აქტივობა 10. მოსწავლე სურათის მიხედვით მსჯელობს და ასაბუთებს, რომ დედამიწა ატმოსფეროსთან ერთად შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, როგორც დიდი ზომის კონდენსატორი.



აქტივობა 11. მოსწავლე აჯგუფებს კონდენსატორებს ფორმისა და დიელექტრიკის გვარობის მიხედვით.



სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პროცესული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები

ქვეცნება – კონდენსატორის ტიპები, ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა

- რას უწოდებენ ელექტროტევადობას?
- როგორი გამტარის ელექტროტევადობაა 1 ფარადი?
- რომელ ფიზიკურ სიდიდეზე დამოკიდებული გამტარი სფეროს ელექტროტევადობა ნივთიერების გვარობაზე?
- როგორ არის დამოკიდებული გამტარი სფეროს ელექტროტევადობა ნივთიერების გვარობაზე?
- რა არის კონდენსატორი?
- რა ტიპის კონდენსატორები არსებობს ფორმის მიხედვით?
- რა ტიპის კონდენსატორები არსებობს დიელექტრიკის მიხედვით?
- რატომ არის დედამიწა დიდი კონდენსატორი?
- რომელია დედამიწის, როგორც კონდენსატორის შემონაფენები და დიელექტრიკი?
- კონდენსატორების რომელ ტიპს მიეკუთვნება დედამიწა?
- როგორ არის აგებული ჰაერიანი ცვლადი ტევადობის კონდენსატორი?
- რა არის ბრტყელი კონდენსატორის მთავარი ნაწილი?
- რას უწოდებენ კონდენსატორის მუხტს?
- რაზეა დამოკიდებული ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობა?
- რატომ იზრდება კონდენსატორის ტევადობა დიელექტრიკის მოთავსებისას?
- სწორია თუ არა გამოთქმა, რომ ელექტროტევადობა არ არის დამოკიდებული მუხტის სიდიდეზე და დამოკიდებულია კონდენსატორის შემონაფენის ზედაპირის ფართობზე? რატომ?
- როგორ არის დაკავშირებული ძაბვა კონდენსატორის მუხტის სიდიდესთან?
- რატომ გააჩნია დამუხტულ კონდენსატორს ენერჯია?
- რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა დამოკიდებული დამუხტული კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერჯია?
- რა სახის ენერჯიად არის შესაძლებელი კონდენსატორის ენერჯიის გარდაქმნა?
- რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა დამოკიდებული ელექტრული ველის ენერჯიის სიმკვრივე?
- სად გამოიყენება კონდენსატორები?

ნაბიჯი 3.

- როგორ შეიძლება კონდენსატორების სხვადასხვა სახის შეერთებით ჯამური ტევადობის მართვა?

რესურსი/აქტივობა:

სახელმძღვანელო 2.24 კონდენსატორების შეერთება; 2.25 ამოცანების ამოხსნა.

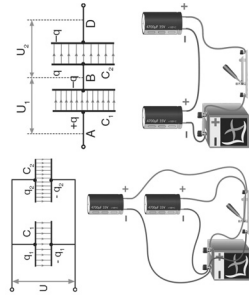
ვიდეო: კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება

<https://www.youtube.com/watch?v=BIPi0vXdssE>

https://www.youtube.com/watch?v=z-Mrzw_QVNE

<https://www.youtube.com/watch?v=P-1mWGelJmg>

აქტივობა 1. მოსწავლე განიხილავს კონდენსატორების პარალელურ და მიმდევრობით შეერთებას, მსჯელობს ამ შეერთებების ძაბვაზე, მუხტსა და საერთო ტევადობაზე.



აქტივობა 2. მოსწავლე თვითნაკეთი კონდენსატორებით აწყობს წრედს მიმდევრობითი და პარალელური შეერთების გამოყენებით.

აქტივობა 3. მოსწავლე ხსნის ამოცანებს კონდენსატორების პარალელურ, მიმდევრობით და შერეულ შეერთებაზე (სახელმძღვანელო/ამოცანათა კრებული).

აქტივობა 4. მოსწავლე ასრულებს დავალებას კონდენსატორის ენერჯის გამოთვლისათვის სხვადასხვა სიტუაციაში (კონდენსატორი შეერთებულია დენის წყაროსთან, კონდენსატორი გამორთულია დენის წყაროდან).

სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები

ქვეცანება

კონდენსატორების ტარაგის ელექტროტევადობა სხვადასხვა სახის შეერთებისას

კონდენსატორების შეერთების რამდენი სახე არსებობს?

როგორ იცვლება კონდენსატორების საერთო ტევადობა მიმდევრობით შეერთებისას?

როგორ იცვლება კონდენსატორების საერთო ტევადობა პარალელური შეერთებისას?

რისთვის გამოიყენება კონდენსატორები?

სად გამოიყენება კონდენსატორები?

რა მასალებია საჭირო კონდენსატორის დასამზადებლად?

როგორ გამოთვალო შენ მიერ დამზადებული კონდენსატორის ტევადობა?

რისთვის შეიძლება გამოიყენო შენ მიერ დამზადებული კონდენსატორი?

როგორ ასახავთ მიღებულ შედეგებსა და გამოტანილ დასკვნებს პოსტერში?

	<p>კომპლექსური დაგეგმვის პრეზენტაციის პროცესში მასწავლებლის მიერ დასმული შეკითხვები:</p> <ul style="list-style-type: none"> • აღწერე, როგორ წარიმართა დაგეგმვაზე მუშაობის პროცესი; • აღწერე, რა პროდუქტი შექმენი; • რა საკითხს შეეხება შენ მიერ მომზადებული დავალება? • ახსენი, რატომ შექმენი პოსტერი ასეთი სახით? რა ძირითადი მიმართებები გაქვს გამოტანილი? • შენი აზრით, ვინ უნდა დაინტერესდეს შენ მიერ შექმნილი პოსტერით და რატომ? • რა პრობლემები შეგხვდა დაგეგმვაზე მუშაობის პროცესში? • რას გააკეთებდი სხვაგვარად, ახლა რომ იწყებდე დავალებაზე მუშაობას? • თუ შეგისრულებია აქამდე მსგავსი ფორმის ან შინაარსის დავალება? • შენი აზრით, რით ჰგავს და რით განსხვავდება დავალება შენი თანაკლასელების ნაშრომებისგან? 	
--	---	--

მოსწავლის ბარათი

კლასი	კომპლექსური დავალება: „კონდენსატორის მოდელი“, X კლასი
თემა:	ელექტროსტატიკა
სამიზნე ცნება:	მატერია, ენერგია
საკითხები:	ელექტრული ველის მუშაობა/ელექტრული ველის პოტენციალური ენერგია, პოტენციალი კონდენსატორი/კონდენსატორის ტევადობა, კონდენსატორის ენერგია, კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება
საკვანძო შეკითხვა	როგორ წარმოვაჩინო კონდენსატორის მოდელის დამზადება და კონდენსატორის მუშაობის პრინციპი პოსტერში?
კომპლექსური დავალების პირობა:	<p>კონდენსატორის მოდელი და ენერგია</p> <p>ბათუმი. ზღვის სანაპირო. ნინოსა და ალის ქანდაკება. მეთექვსმეტე საუკუნის ახალგაზრდების ჯგუფი, რომლებიც სურათებს იღებენ ციფრული ფოტოკამერით ქანდაკებასთან. მოაზროვნე ახალგაზრდებს შორის ერთ-ერთი მეტსახელად „ აინშტაინას “ კითხვები მეგობრებისადმი: რომელ ხელსაწყოს ამსგავსებთ ნინოსა და ალის ქანდაკებას? რომელ ხელსაწყო გამოიყენება ფოტოკამერის ნათურის ასანთებად?</p> <p>შექმენი კონდენსატორის მოდელი და პოსტერზე აღწერე მისი მოქმედების პრინციპი. ნაშრომი წარმოადგინე პრეზენტაციის სახით.</p> <p>პრეზენტაციისას ნაშრომში ხაზგასმით წარმოაჩინე:</p> <ul style="list-style-type: none"> რა მასალები შეარჩიე კონდენსატორის დასამზადებლად და რატომ? როგორ დაამზადე კონდენსატორი? (მატერია 1) რა სახის ენერგიის დაგროვებაა შესაძლებელი კონდენსატორში და როგორ შეიძლება ამ ენერგიის გამოყენება? (მატერია 1; ენერგია 1,2,3) მოიძიე და აღწერე, სად გამოიყენება კონდენსატორები ყოფაცხოვრებში და რა ფუნქცია აქვთ მათ? (ენერგია 1,2) როგორ შეიძლება კონდენსატორების სხვადასხვა სახის შეერთებით ჯამური ტევადობის მართვა? (ენერგია 1,2,3)
რესურსები	<p>სახელმძღვანელო:</p> <p>2.13 დიელექტრიკები ელექტრულ ველში; 2.14 ელექტრული ძალის მუშაობა; 2.15 ელექტრული ველის პოტენციალი; 2.16 დამუხტული სხეულების ენერგიისა და პოტენციალის კვლევა; 2.17 პოტენციალთა სხვაობა. ეკვიპოტენციალური ზედაპირებია; 2.18 ამოცანების ამოხსნა; 2.20, ელექტროტევადობა, კონდენსატორი; 2.21 ელექტროტევადობის ექსპერიმენტული კვლევა; 2.22 ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა; 2.23 კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგია.2.24 კონდენსატორების შეერთება; 2.25 ამოცანების ამოხსნა. 2.26 შემაჯამებელი გაკვეთილი.</p> <p>ტელესკოლის გაკვეთილები:</p> <p>ელექტრული ველი გამტარში და დიელექტრიკში https://1tv.ge/video/fizikis-dro-eleqtruli-movlenebi-eleqtruli-veli-gamtarshi-da-dieleqtrikebshi-teleskola/</p> <p>ელექტრული ველი და პოტენციალი https://1tv.ge/video/fizikis-dro-eleqtruli-movlenebi-eleqtruli-veli-da-potenciali-teleskola/</p> <p>ელექტროტევადობის გამოყენება თანამედროვე ტექნოლოგიებში https://1tv.ge/video/fizikis-dro-iv-gakvetili-3-aprili-2020-teleskola/</p> <p>სამოტივაციო ვიდეო:</p> <p>კონდენსატორში დაგროვილი ენერგიის გამოყენების შესახებ. https://www.youtube.com/watch?v=5hFC9ugTGLs</p> <p>კონდენსატორი პლასტმასის ბოთლით https://www.youtube.com/watch?v=n1hP3HKje3k</p> <p>ვირტუალური ლაბორატორიის ბმული:</p> <p>კონდენსატორი https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=elpole_kondenzator&l=en</p>

<p>მოდელი/ ექსპერიმენტი</p>	<p>I. კონდენსატორის დამზადება</p> <p>ა) ცილინდრული კონდენსატორი მოცემული გაქვს: ქალაქის ფურცელები, ფოლგის გრაგნილი, ნებო, მაკრატელი, ლითონის გამტარები, ფერადი ფურცლები (სასურველია ნებოვანი), სკოჩი მსვლელობა: გამოჭერი თაბახის ფურცელზე ოდნავ მცირე ზომის ფოლგის ორი ფურცელი. ნაუსვი ნებო თაბახის ფურცელს და ზედ მჭიდროდ დაანებე ფოლგის ფურცელი. მის ერთ-ერთ კუთხეში სკოჩით დაანებე გამტარის ბოლო. ნაუსვი ნებო სხა თაბახის ფურცელს და დაანებე ფოლგის ფურცელს (რომელზეც გამტარია დადაგრებული). კვლავ ნაუსვი ნებოიგივე თაბახის მეორე გვერდს და მჭიდროდ დაანებე ფოლგა. ფოლგის მეორე კუთხეში (რომელიც მდებარეობს პირველი მავთულის დამაგრების წერტილიდან დიამეტრალურად) სკოჩით დაამაგრე მეორე მავთულის ბოლო. მავთულიანი ფოლგა დაფარე ნებონასმული თაბახით დაახვივის რომ გრაგნილი მიიღო. კონდენსატორის მოდელს გარედან შემოახვიე ფერადი ქალაქები და გააფორმე იგი. ანალოგიური გეგმის მიხედვით შეგიძლია ააწყო სხვადასხვა ზომის რამდენიმე კონდენსატორი.</p> <p>ბ) ბრტყელი კონდენსატორი მოცემული გაქვს: ფოლგის გრაგნილი, სამი ერთჯერადი თეფში, საბავშვო ზეთი, მაკრატელი, მავთული, სკოტჩი მსვლელობა: გამოჭერი ფოლგისაგან თეფშის საყრდენი ფართობის ზომის ორი წრე შევრილით (სურა.ა). ნაუსვი თეფშს ფსკერზე ზეთი და მჭიდროდ დააკარი ფოლგის წრე. შემდეგ მეორე თეფშის ფსკერს ნაუსვი ზეთი და ძირით მათავსე ფოლგიან თეფშზე. იგივე თეფშს ზედაპირზე ნაუსვი ზეთი და დააკარი ფოლგა ისე, რომ ფოლგის შვერილებს ურთიერთსანიანაღმდეგო მდებარეობა ჰქონდეთ (სურ.ბ). ნაუსვი მესამე თეფშის ძირს ზეთი და მოთავსე ფოლგიან თეფშზე. გამტარების ბოლოები გაასუფთავე იზოლატორისაგან და სკოჩით დაამაგრე ფოლგის შვერილებზე.</p> <p>II. თვითნაკეთი კონდენსატორებით ააწყე წრედი მიმდევრობითი და პარალელური შეერთების გამოყენების გამოყენებით.</p>
---------------------------------	--

კონდენსატორის მოქედი, მოსწავდის მიღწევის ტაქსონომია

შეფასების კრიტერიუმი	კომენტარი
<p>პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.</p>	<p>მოსწავლემ ვერ შეასრულა დავალება.</p>
<p>უნისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლემ იცის, რა ნივთიერებისგან ამზადებენ კონდენსატორს, მაგრამ ვერ ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები/ან იცის, რა არის დიელექტრიკი/ან იცის, რა არის გამტარი. ამზადებს კონდენსატორს, მაგრამ ვერ ხსნის მის დანიშნულებას/ან იცის, რომ კონდენსატორით შესაძლებელია ელექტრული ენერგიის დაგროვება, ვერ ხსნის, როგორ ხდება დაგროვება/ან იცის კონდენსატორის შეერთების სახეები ახსნის გარეშე.</p>
<p>მულტისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლემ იცის, რა ნივთიერებისგან ამზადებენ კონდენსატორს, იცის, რა არის დიელექტრიკი, იცის, რა არის გამტარი, იცის რომ კონდენსატორით შესაძლებელია ელექტრული ენერგიის დაგროვება, მაგრამ ვერ აკავშირებს ამ ცოდნას, რომ ახსნას კონდენსატორის მუშაობის პრინციპი. იცის კონდენსატორის შეერთების სახეები, მაგრამ ვერ ხსნის კონდენსატორების ბატარეის ტევადობის ცვლილების მიზეზს.</p>
<p>მიმართებითი დონე მოსწავლეს შეუძლია:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<p>მოსწავლემ იცის, რა ნივთიერებისგან ამზადებენ კონდენსატორს და ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები. იცის დიელექტრიკის და გამტარის თვისებები. ამზადებს კონდენსატორის მოდელს. ხსნის კონდენსატორის დანიშნულებას, რომ მისი გამოყენებით შესაძლებელია ელექტრული ენერგიის დაგროვება. იცის კონდენსატორის შეერთების სახეები, შეუძლია შესაბამისი ამოცანების ამოხსნა. მოიძიებს კონდენსატორის გამოყენების მაგალითებს ყოფა-ცხოვრებაში.</p>
<p>აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს შეუძლია სამიზნე ცნებაზე მუშაობის პროცესში შექმნილი ცოდნისა და გამოცდილების ეროვნული სასწავლო გეგმის ზესაგნობრივ (მაკრო) ცნებებთან დაკავშირება.</p>	<p>მოსწავლემ იცის, რა ნივთიერებისგან ამზადებენ კონდენსატორს და ასაბუთებს, რატომ არის შერჩეული ეს ნივთიერებები, იცის დიელექტრიკისა და გამტარის თვისებები. ამზადებს კონდენსატორის მოდელს. იცის კონდენსატორის შეერთების სახეები, შეუძლია მათი მიმდევრობითი და პარალელური შეერთების დემონსტრირება მოდელის გამოყენებით, იცის რატომ იცვლება კონდენსატორების ბატარეის ტევადობა ასეთი შეერთებებისას, შეუძლია შესაბამისი ამოცანების ამოხსნა. იცის, რომ კონდენსატორის გამოყენებით შესაძლებელია ელექტრული ენერგიის დაგროვება. შეუძლია შესაბამისი ამოცანების ამოხსნა. მოიძიებს კონდენსატორის გამოყენების მაგალითებს ყოფა-ცხოვრებაში. შეუძლია მიღებული ცოდნის ტრანსფერი ტექნიკასა და ყოფა-ცხოვრებაში, ასევე ამ ცოდნის დაკავშირება სხვადასხვა მეცნიერებასთან. მაგალითად, მსჯელობს კონდენსატორის გამოყენების შესახებ დეფიბრილატორში, რაც კავშირშია ბიოლოგიის საკითხებთან. შეუძლია ახსნას კონდენსატორის, როგორც ენერგიის დამგროვებლის გამოყენება ფოტოაპარატში – მყისიერ გამანათებლად.</p>

შიანარისა და მიზნების მართვის

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>I. თავი. – შესავალი.</p> <p>1.1. ფიზიკა, მეცნიერება ბუნების შესახებ</p> <p>1.2. ფიზიკა და სხვა მეცნიერებები</p>	<p>მატერია, ნივთიერება, ველი.</p> <p>ფიზიკა, მეცნიერება, ველი.</p>	<p>ყველაფერი, რაც სამყაროში რეალურად არსებობს, მატერიაა. მატერია არსებობს ნივთიერებისა და ველის სახით. მატერიალური სამყარო შესწავლება სამი მიმართულებით: მიკროსამყარო, მაკროსამყარო, მეგასამყარო.</p> <p>ფიზიკა მეცნიერებაა ბუნების შესახებ. ფიზიკის შესწავლის ობიექტებია: ნივთიერება, ველი, ურთიერთქმედებები და ფიზიკური პროცესები. ფიზიკის შესწავლა ეყრდნობა ცნებებს. ფიზიკის სამეცნიერო ენაა მათემატიკა.</p>	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; • მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალოგია გრავიტაციული ველის მახასიათებლებთან); • ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯიის დასახასიათებლად; • ბრტყელი კონდენსატორების მოდელის შექმნა, პერეული შეერთების გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად; • წრტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დასახასიათებელი მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუბერკუიზიის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; • ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დასახასიათებელი ერთგვაროვანი ელექტრული ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	<p>3 საათი</p> <p>0.5 სთ</p> <p>0.5 სთ</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასა-მუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>I. თავი</p> <p>შესავალი. ფიზიკა და მატერიალური სამყარო</p>				
<p>1.3. ფიზიკა და ტექნიკის პროგრესი</p>	<ul style="list-style-type: none"> ფიზიკა დაკავშირებულია საბუნებისმეტყველო და სხვა მეცნიერებებთან და პირიქით. ტექნიკის პროგრესი ეყრდნობა ფიზიკის მიღწევებს და პირიქით, ფიზიკის მიღწევებს განაპირობებს ტექნიკის განვითარება. ტექნიკის პროგრესი ეყრდნობა ფიზიკის მიღწევებს და პირიქით, ფიზიკის მიღწევებს განაპირობებს ტექნიკის განვითარება. 	<ul style="list-style-type: none"> მატერიალური ობიექტებს შორის ურთიერთქმედება ოთხი სახისაა: გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ბირთვული, სუსტი. 	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალიზის გრაფიკული ველის მახასიათებლებთან); ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯის დასახასიათებლად; ბრტყელი კონდენსატორების მოდელის შექმნა, შერეული შერეობის გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად; წერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალიზის მრავალი მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუბეროზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> წერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) 	<p>1 სთ</p>
<p>1.4. ბუნების ძალები</p>	<p>ბუნების ძალები</p>	<ul style="list-style-type: none"> მატერიალური ობიექტებს შორის ურთიერთქმედება ოთხი სახისაა: გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ბირთვული, სუსტი. 	<p>1 სთ</p>	

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
II. თავი ელექტროსტატიკა				
2.1. ელექტრული მუხტი	დაელექტროება, ელექტრული მუხტი. მუხტის დისკრეტულობა, მუხტების ადიტიურობა. ელემენტარული მუხტი, ელემენტარული ნაწილაკი.	<ul style="list-style-type: none"> არსებობს ორგვარი ელექტრული მუხტი, დადებითი და უარყოფითი. სხეულში ელექტრონების სიჭარბისას, იგი იმუხტება უარყოფითად, ელექტრონების ნაკლებობისას - დადებითად. დაუმუხტავ სხეულში დადებითი და უარყოფითი მუხტების ერთნაირი რაოდენობაა. მუხტები იკრიბება ალგებრულად. 	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასახანალიზებლად; მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალოგია გრავიტაციული ველის მახასიათებლებთან); ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯიის დასახასიათებლად; ბრტყელი კონდენსატორების მოდელების შექმნა, შერეული შერეობის გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესავსებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორობი მდგომარეობის აღსაწერად; ნერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალოგია მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუბერპოზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელი მისებრების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) 	1 სთ
2.2. სხეულების დამუხტვის ექსპერიმენტული კვლევა	სხეულების დამუხტვისას მათი ურთიერთქმედების კვლევა.			1 სთ

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>II. თავი</p> <p>ელექტროსტატიკა</p> <p>2.3. სხეულების დამუხტვა. მუხტის მუდმივობის კანონი</p>	<p>ხახუნით დამუხტვა, დარტყმით დამუხტვა, შეხებით დამუხტვა, გავლენით დამუხტვა, ელექტროსტატიკური ინდუქცია, ელექტროსტატიკა</p>	<ul style="list-style-type: none"> სხეულების დამუხტვის ხერხები: დამუხტვა ხახუნით (ტრიბოელექტრობა), შეხებით, დარტყმით, გავლენით, დასხივებით, ქიმიური მოქმედებით, მექანიკური მოქმედებით – გაჭიმვა, შეკუმშვა და სხვ. სხეულში თავისუფალი მუხტების გადანაწილების პროცესს ელექტროსტატიკური ინდუქციას უწოდებენ. ჩაკეტილ სისტემაში შემავალი სხეულების (ნაწილაკების) ელექტრული მუხტების ჯამი მუდმივი სიდიდეა. 	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალიზის გრაფიკული ველის მახასიათებლებთან); ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯის დასახასიათებლად; ბრტყელი კონდენსატორების მოდულების შექმნა, შერეული შერეობის გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად; წერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალიზის მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუბინოზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> წერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) 	<p>სასწავლო დროის ხანგრძლივობა</p> <p>26 საათი</p> <p>1 სთ</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>II. თავი ელექტროსტატიკა</p>				
<p>2.4. ელექტრული ველი</p> <p>2.5. დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების ექსპერიმენტული კვლევა</p>	<p>ელექტრული ველი, აბლოკმედების თეორია, შორსქმედების თეორია. ხელსაწყოები: ელექტროსკოპი, ელემენტრომეტრი.</p> <ul style="list-style-type: none"> ელექტრული ველი არის მატერიის ფორმა. ელექტრული ურთიერთქმედება ხორციელდება ელექტრული ველის საშუალებით. ელექტროსტატიკური ველი უძრავი ელექტრული მუხტების მიერ შექმნილი ველია. ელექტრული ველი ვერცეილდება როგორც უპაერო სივრცეში, ისე სხვადასხვა გარემოში. ელექტროსკოპი და ელექტრომეტრი მუხტების პირობითი რაოდენობის დამდგენი ხელსაწყოებია. 	<ul style="list-style-type: none"> ელექტრული ველი არის მატერიის ფორმა. ელექტრული ურთიერთქმედება ხორციელდება ელექტრული ველის საშუალებით. ელექტროსტატიკური ველი უძრავი ელექტრული მუხტების მიერ შექმნილი ველია. ელექტრული ველი ვერცეილდება როგორც უპაერო სივრცეში, ისე სხვადასხვა გარემოში. 	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალიზის გრაფიკული ველის მახასიათებლებთან); ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯიის დასახასიათებლად; ბრტყელი კონდენსატორების მოდელების შექმნა, შერეული შერეობის გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორობი მდგომარეობის აღსაწერად; წერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალიზის მათემატიკური მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუბერპოზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> წერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) 	<p>სსს</p> <p>26 საათი</p> <p>1 სთ</p> <p>1 სთ</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
II. თავი ელექტროსტატიკა				
2.6. კულონის კანონი	კულონური ძალა, ნერტილოვანი მუხტი.	<ul style="list-style-type: none"> ფრანგმა მეცნიერმა შარლ კულონმა დაადგინა მუხტების ურთიერთქმედების კანონი. $F = \frac{k q_1 q_2 }{r^2}$ $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს: <ul style="list-style-type: none"> ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალიზის გრაფიკული ველის მახასიათებლებთან); ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს: <ul style="list-style-type: none"> ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯის დასახასიათებლად; ბრტყელი კონდენსატორების მოდელების შექმნა, შერეული შერეობის გამოყენება, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს: <ul style="list-style-type: none"> სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად; ნერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალიზის მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუბზონიციის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს: <ul style="list-style-type: none"> ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.სამ.1,2,3,4) 	1 სთ
2.7. ამოცანების ამოხსნა			1 სთ	1 სთ
2.8. შემაჯამებელი გაკვეთილი			1 სთ	1 სთ

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>II. თავი</p> <p>ელექტროსტატიკა</p>				<p>26 საათი</p>
<p>2.9. ელექტრული ველის დასახელება</p>	<p>ელექტრული ველის დასახელება, ელექტრული ძალა, სასინჯი მუხტი, ველის დასახელების სუპერპოზიციის პრინციპი.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ელექტრული ველის დასახელება ვექტორული სიდიდეა და მას ელექტრული ველის ძალურ მახასიათებელს უწოდებენ. თუ სივრცეში რამდენიმე მუხტია, მაშინ ცალკეული მუხტის მიერ შექმნილი ველების დასახელებები იკრიბება გომეტრიულად. მიღებული ჯამური ვექტორი გამოსახავს მუხტების მიერ შექმნილი ჯამური ველის დასახელებას. • ცალკეული მუხტის მიერ შექმნილი ველის დასახელებების შეკრებას, სუპერპოზიციის პრინციპი ეწოდება. 	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; • მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალიზის გრაფიკული ველის მახასიათებლებთან); • ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევაძობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციური ენერჯიის დასახასიათებლად; • ბრტყელი კონდენსატორების მოდელების შექმნა, შერეული შერეობის გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორობი მდგომარეობის აღსაწერად; • ნერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დასახასიათებლად (ანალიზის მთავარი მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუპერპოზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; • ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დასახასიათებლად ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	<p>1 საათი</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>II. თავი ელექტროსტატიკა</p>				<p>26 საათი</p>
<p>2.12. გამტარი-ბი ელექტრული ველში</p>	<p>გამტარი, დიელექტრიკი, ელექტროსტატიკური ინდუქცია. მუხტის ზედაბირული სიმკვირვე.</p>	<ul style="list-style-type: none"> გამტარი ისეთი ნივთიერებაა, რომელიც შეიცავს თავისუფალი მუხტების დიდ რაოდენობას. ასეთი ნივთიერებებია ლითონები, ფუძეების, მჟავებისა და მარილების წყალხსნარები. თავისუფალი ელექტრონები ეწოდება ელექტრონებს, რომლებიც მონყვეტილია ატომების ელექტრონული გარსისგან და შეუძლიათ კრისტალურ მესერში ატომებს შორის თავისუფლად გადაადგილება. გამტარის ელექტრული ველში მოთავსებისას მუხტები თავსდება გამტარის ზედაბირზე, გამტარის შიგნით ელექტრული ველი და შესაბამისად დახებული ნულის ტოლია. გამტარის ზედაბირზე მუხტები განაწილების მახასიათებელი სიდიდეა მუხტის ზედაბირული სიმკვირვე, რომელიც ტოლია ზედაბირზე არსებული მუხტის შეფარდებისა ზედაბირის ფართობთან. 	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალოგია გრავიტაციული ველის მახასიათებლებთან); ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯიის დასახასიათებლად; ბრტყელი კონდენსატორების მოდულების შექმნა, შერეული შერეობის გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრული ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად; ნერტილოვან 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. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელი პირობების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	<p>1 სთ</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>II. თავი</p> <p>ელექტროსტატიკა</p> <p>2.13. დიელექტრიკები ელექტრულ ველში</p>	<p>პოლარული დიელექტრიკი, არაპოლარული დიელექტრიკი, ელექტრული დიპოლი, დიელექტიკის პოლარიზაცია, დიელექტრიკული შეღწევაობა.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • დიელექტრიკები (იზოლატორები) პრაქტიკულად არ შეიცავენ თავისუფალ მუხტებს. ეს ნივთიერებები შეიცავენ ე.წ. ბმულ მუხტებს. ანუ მათ ატომებში (მოლეკულაში) დადებითი მუხტებისა და ელექტრონების განაწილების ცენტრი სხვადასხვანაირია. • არაპოლარულ დიელექტრიკში – ელექტრონებისა და დადებითი მუხტების განაწილების ცენტრი თითქმის ერთმანეთს. პოლარულ დიელექტრიკში – ელექტრონებისა და დადებითი მუხტების განაწილების ცენტრი არ ემთხვევა ერთმანეთს. პოლარულ დიელექტრიკში გარკვეული მანძილით დაშორებული დადებითი და უარყოფითი მუხტების ნეიტრალურ სისტემას დიპოლი ეწოდება. ელექტრულ ველში მოთავსებისას არაპოლარულ დიელექტრიკშიც ნარმოქმნება დიპოლი. • ელექტრულ ველში მოთავსებისას პოლარული და არაპოლარული დიელექტრიკების დიპოლები ორიენტირდება ისე, რომ დიპოლების დადებითი მუხტები ორიენტირდება უარყოფითი ელექტროდისაკენ, უარყოფითი მუხტები – დადებითი ელექტროდისაკენ, ამ პროცესს პოლარიზაცია ეწოდება. 	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; • მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსანიშნავად (ანალოგია გრავიტაციული ველის მახასიათებლებთან); • ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევაობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯიის დასახასიათებლად; • ბრტყელი კონდენსატორების მოდელის შექმნა, შერეული შერეუბის გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • სხეულთა ნონანსრობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის ნონანსრობის მდგომარეობის აღსაწერად; • ნეურტილიდან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობის და დახასიათება (ანალოგია მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; • პიპოტენზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პრიციპი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ნეურტილიდან მუხტის მოძრაობის დასახასიათებელი ერთგვაროვანი ელექტრული ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელი მუხტების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	<p>1 სთ</p> <p>26 საათი</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
II. თავი ელექტროსტატიკა				
2.14. ელექტროლი ძალის მუშაობა	ელექტროლი ძალა, მუხტის გადაადგილებაზე ელექტროლი ველის მიერ შესრულებული მუშაობა.	<ul style="list-style-type: none"> • ელექტროლი ველი მუშაობას არ ასრულებს, თუ მუხტი გადაადგილდება ელექტროლი ძალის მართობული მიმართულებით. • ჩაკეტილ ტრანსექტორიაზე მუხტის გადაადგილებისას ელექტროლი ველის მიერ შესრულებული მუშაობა 0-ის ტოლია. 	მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს: <ul style="list-style-type: none"> • ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; • მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტროლი ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალიზი გრაფიკაციული ველის მახასიათებლებთან); • ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტროლი ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს: <ul style="list-style-type: none"> • ელექტროლი ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯის დასახასიათებლად; • ბრტყელი კონდენსატორების მოდელების შექმნა, შერეული შეერთების გამოკვლევა, მათი ელექტროლი ველის ენერჯის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს: <ul style="list-style-type: none"> • სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად; • ნერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალიზი 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. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს: <ul style="list-style-type: none"> • ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ეროგაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	1 სთ
2.15. ელექტროლი ველის პოტენციალი	პოტენციალი	<ul style="list-style-type: none"> • ელექტროლი ველის პოტენციალი ველის ენერჯეტიკული მახასიათებელია. ელექტროლი ველის პოტენციალი სკალარული სიდიდეა. • ელექტროლი ველის პოტენციალი განსაზღვრავს ველის მოცემულ წერტილში ერთეულოვანი მუხტის პოტენციალურ ენერჯიას. • თუ ველი შექმნილია რამდენიმე მუხტისგან, ჯამური ველის პოტენციალი ველის მოცემულ წერტილში ამ წერტილებში ცალკეული მუხტის ველის პოტენციალების ალგებრული ჯამის ტოლია. 	1 სთ	
2.16. ელექტროსტატიკური ველის ექსპერიმენტული კვლევა			1 სთ	

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
II. თავი ელექტროსტატიკა				26 საათი
2.17. პოტენციალთა სხვაობა. ეკვიპოტენციური ზედაპირები	პოტენციალთა სხვაობა. ძაბვა, ეკვიპოტენციური ზედაპირი	<ul style="list-style-type: none"> პოტენციალთა სხვაობა ველის ორ წერტილს შორის რიცხობრივად ტოლია ელექტრული ძალის მიერ ერთეულოვანი მუხტის გადატანაზე შესრულებული მუშაობის. პოტენციალთა სხვაობას ძაბვას უწოდებენ. ეკვიპოტენციურ ზედაპირზე მუხტის გადაადგილებისას ელექტრული ველი მუშაობას არ ასრულებს. 	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალოგია გრავიტაციული ველის მახასიათებლებთან); ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ენერჯია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯიის დასახასიათებლად; ბრტყელი კონდენსატორების მოდელის შექმნა, შერეული შერეუბის გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად; წერტილოვანი მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალოგია მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუპერპოზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემებზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> წერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელულობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	1 სთ
2.18. ამოცანების ამოხსნა				1 სთ
2.19. შემავალებელი გაცვეთილი				1 სთ

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>II. თავი</p> <p>ელექტროსტატიკა</p> <p>2.20. ელექტროტეცვალობა. კონდენსატორი</p> <p>2.21. ელექტროტეცვალობის ექსპერიმენტული კვლევა</p>	<p>ელექტროტეცვალობა. კონდენსატორი.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ელექტროტეცვაობა შესაძლებელია ჰქონდეს დამუხტულ განმხოლოებულ გამტარს, დამუხტული ორი ფირფიტისაგან შემდგარ მონობილობას. • კონდენსატორი არის მუხტების დამგროვებელი ხელსაწყო. კონდენსატორები სხვადასხვა ტიპისაა. განასხვავებენ კონდენსატორებს ფორმის და მასში მოთავსებული დიელექტრიკის მიხედვით. • ბრტყელი კონდენსატორი შედგება ორი ფირფიტისგან, რომელთა შორის დიელექტრიკა მოთავსებულია. 	<p>მატირია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; • მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალიზია გრავიტაციული ველის მახასიათებლებთან); • ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევაობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ენერჯია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯიის დასახასიათებლად; • ბრტყელი კონდენსატორების მოდელის შექმნა, მერეული შედეგების გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოკენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად; • ნერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალების რაოდენობრივად დახასიათება (ანალიზია მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუპერპოზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემებზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; • პიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელიობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემებზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	<p>26 საათი</p> <p>1 სთ</p> <p>1 სთ</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგ- ლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>II. თავი ელექტროსტატიკა</p> <p>222. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტემპერატურა</p> <p>223. ელექტრული ველის ენერჯია</p>	<p>კონდენსატორის მუხტი, კონდენსატორის შემონაფენები, ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტემპერატურა.</p> <p>ელექტრული ველის ენერჯია. ელექტრული ველის ენერჯიის სიმკვრივე.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტემპერატურა პირდაპირ-პროპორციულია შემონაფენის ფართობის და დიელექტრიკის დიელექტრიკული შეღწევა-ლობის, უკუპროპორციულია შემონაფენებს (ფორფიტებს) შორის მანძილის. • კონდენსატორი აგროვებს მუხტებს. მუხტები ქმნის ველს, რომელსაც შეუძლია შეარულოს მუშაობა. ამგვარად, კონდენსატორი აგროვებს ელექტრულ ენერჯიას. • დამუხტული კონდენსატორის ელექტრული ენერჯიის გარდაქმნა შესაძლებელია გამოიყენონ სხვადასხვა პროცესის-თვის. • კონდენსატორით დატვირთილი ელექტრული ენერჯია მყისიერად გარდაიქმნება სხვა (მაგ., სინათლის, ელექტრომაგნიტური რხევების, მექანიკური) ენერჯიად. 	<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; • მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსანიშნულად (ანალოგია გრაფიკული ველის მახასიათებლებთან); • ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევალობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ენერჯია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯიის დასახასიათებლად; • ბრტყელი კონდენსატორების მოდელის შექმნა, შერეული შერეუბის გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • სხეულთა ნონანსრობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის ნონანსრობის მდგომარეობის აღსაწერად; • ნურტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალოგია მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუპერპოზიციის პრინციპის ახსნა პირობებზე ორიენტირებულ ამოცანების გადასაჭრელად; • პიპოთენზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პრიციპი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ნურტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელიაობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პირობებზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	<p>1 სთ</p> <p>26 საათი</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>II. თავი</p> <p>ელექტროსტატიკა</p> <p>2.24. კონდენსატორების შეერთება</p>	<p>კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთება. კონდენსატორების პარალელური შეერთება. კონდენსატორების საერთო ელექტროტვიტების დატვირთვა. კონდენსატორების პარალელური შეერთების დატვირთვა. კონდენსატორების საერთო ელექტროტვიტების დატვირთვა.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას საერთო ელექტროტვიტები იზრდება, კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებისას საერთო ელექტროტვიტები მცირდება. • კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას დატვირთვა იზრდება, მათ შორის მანძილის შეუცვლელად. ამით იზრდება კონდენსატორების შემონაფენებზე მუხტების რაოდენობა, რომელიც შეიძლება მათზე მოთავსდეს. • კონდენსატორის ელექტროტვიტებზე შემონაფენების ფართობის გაზრდა იზრდება. • კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებისას ბატარიის ფირფიტებს შორის მანძილი იზრდება მათი ფართობების შეუცვლელად. ამიტომ, იმავე ფორმულის მიხედვით, საერთო ელექტროტვიტების უნდა შემცირდეს. • რაც უფრო ახლოს არიან კონდენსატორის ფირფიტები ერთმანეთთან, კულონის კანონის თანახმად, მით მეტია მათ შორის ურთიერთქმედების ძალა და შესაბამისად ველის დაძაბულობა. ამიტომ მეტი იქნება კონდენსატორის ტემპერატურა (ტაჟონის დენი შემცირდება). 	<p>შეფასების ინდიკატორები</p> <p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; • მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტების შორის ელექტროული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალიზის გრაფიკული ველის მახასიათებლებთან); • ნივთიერების დიელექტრიკული კoeffიციენტის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტროული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ენერგია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელექტროული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგიის დასახასიათებლად; • ბრტყელი კონდენსატორების მოდელების შექმნა, შერეული შეერთების გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • სხეულთა ნონანსობობის პირობების გამოყენება ელექტრული ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის ნონანსობობის მდგომარეობის აღსაწერად; • წერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დასახასიათებელი (ანალიზის მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუპერპოზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად; • პიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ფორმული პრიციპი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დასახასიათებელი ერთგვაროვანი ელექტრული ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	<p>26 საათი</p> <p>1 სთ</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა
<p>II. თავი ელექტროსტატიკა</p>				26 საათი
<p>2.25. ამოცანების ამოხსნა</p>			<p>მატერია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად; • მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალოგია გრავიტაციული ველის მახასიათებლებთან); • ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	1 სთ
<p>2.26. შემავარდნითი გაცვეთილი</p>			<p>ენერჯია – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერჯიის დასახასიათებლად; • ბრტყელი კონდენსატორების მოდელის შექმნა, შერეული შერებების გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერჯიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ძალა – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორული მდგომარეობის აღსაწერად; • ნერტილოვანი 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. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) <p>ფიზიკური პროცესი – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის დახასიათება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში, მოძრაობის მახასიათებელი პარამეტრებისა და მათი ცვლილების/უცვლელობის მიზეზების შესახებ მსჯელობა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად. (ფიზ.საშ.1,2,3,4) 	1 სთ

სასწავლო მასალის სავარაუდო საათობრივი განაწილება

№	გაკვეთილის თემა	საათების რაოდენობა
1	ფიზიკა, მეცნიერება ბუნების შესახებ; ფიზიკა და სხვა მეცნიერებები	1 სთ
2	ფიზიკა და ტექნიკის პროგრესი	1 სთ
3	ბუნების ძალები	1 სთ
4	ელექტრული მუხტი	1 სთ
5	სხეულების დამუხტვის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
6	სხეულების დამუხტვა. მუხტის მუდმივობის კანონი	1 სთ
7	ელექტრული ველი	1 სთ
8	დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
9	კულონის კანონი	1 სთ
10	ამოცანების ამოხსნა	1 სთ
11	შემაჯამებელი გაკვეთილი	1 სთ
12	ელექტრული ველის დაძაბულობა	1 სთ
13	ელექტრული ველის ძაღნირები	1 სთ
14	ამოხსენი ამოცანები	1 სთ
15	გამტარები ელექტრულ ველში	1 სთ
16	დიელექტრიკები ელექტრულ ველში	1 სთ
17	ელექტრული ძალის მუშაობა	1 სთ
18	ელექტრული ველის პოტენციალი	1 სთ
19	დამუხტული სხეულების ენერჯისა და პოტენციალის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
20	პოტენციალთა სხვაობა. ეკვიპოტენციალური ზედაპირები	1 სთ
21	ამოცანების ამოხსნა	1 სთ
22	შემაჯამებელი გაკვეთილი	1 სთ
23	ელექტროტევადობა. კონდენსატორი	1 სთ
24	ელექტროტევადობის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
25	ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა	1 სთ
26	ელექტრული ველის ენერჯია	1 სთ
27	კონდენსატორების შეერთება	1 სთ
28	ამოცანების ამოხსნა	1 სთ
29	შემაჯამებელი გაკვეთილი	1 სთ

სასწავლო გეგმის მიხედვით X კლასში წლიური საათების რაოდენობაა 72. სახელმძღვანელო მოიცავს სტანდარტით გათვალისწინებულ I თემას, რომელიც შეიცავს 30 სასწავლო პარაგრაფს.

სასწავლო მასალის რეალიზაციისათვის გათვალისწინებულია 35 საათი, აქედან 3-საათი კომპლექსური დავალებების პრეზენტაციისთვის და 3 საათი სარეზერვო, რომელიც მასწავლებელმა თავისი შეხედულებისამებრ შეიძლება გამოიყენოს.

მოსწავლის წიგნის მიზანია განათლების ეროვნული გეგმის შესაბამისად ფიზიკის სტანდარტით გათვალისწინებული შინაარსის რეალიზაცია.

მოსწავლის წიგნი სრულად პასუხობს სახელმწიფო სტანდარტით გათვალისწინებულ საკითხებს. ავტორები შევეცადეთ კომპაქტურად და მარტივად (გაუბრალოების გარეშე) გადმოგვეცა სასწავლო მასალა.

წიგნში ტექსტს უკავია საგაკვეთილო თემის დაახლოებით 30%. სავარჯიშოები და სხვა აქტივობები შეესაბამება სტანდარტით გათვალისწინებულ ინდიკატორებს.

სახელმძღვანელო ითვისებისთვის სწავლა/სწავლებისადმი ინტერაქტიურ მიდგომას. იგი ძირითადად მოსწავლეზეა ორიენტირებული. პარაგრაფების უმეტესობა აგებულია სამფაზიანი ინტერაქტიური გაკვეთილის მოდელის მიხედვით: გამოწვევა, შინაარსის რეალიზაცია, გააზრება. გამოყენებულია სხვადასხვა ინტერაქტიური სწავლების სტრატეგიები, მაგალითად, ჯგუფური ექსპერიმენტები, ჯგუფური სამუშაოები, კომპლექსური დავალებები, რეფლექსია.

რუბრიკა „**იფიქრე და იმჯელე**“ განკუთვნილია მოსწავლეთა ინტერესის აღძვრისა და სწავლის მოტივაციის შექმნისათვის. იგი ითვისებისთვის არა მარტო წინარე ცოდნას, არამედ ცხოვრებისეულ გამოცდილებას, წარმოდგენებს და მოითხოვს მოსწავლისაგან ვარაუდის გამოთქმას ილუსტრაციაზე მოცემული მოვლენის შესახებ. რუბრიკაში დასმული კითხვა არ არის ორიენტირებული მასზე ზუსტი პასუხის მისაღებად. საჭიროა მოსწავლეებმა იმჯელონ მოცემულ საკითხებზე, დაეფიქრონ მსჯელობის უნარ-ჩვევას და აღეძრათ ინტერესი პარაგრაფში მოცემული მასალის შესასწავლად. ეს რუბრიკა მასწავლებელს აძლევს საშუალებას მიიღოს ინფორმაცია მოსწავლის იმ ცოდნის შესახებ, რომელიც დაკავშირებულია ახლად ასახსნელ საგაკვეთილო თემასთან.

„**შინაარსის რეალიზაციის**“ ეტაპზე მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს (ახსნით ან საუბრით) ახალ მასალას. ამ ეტაპზე მასწავლებელს შეუძლია გამოიყენოს ინტერაქტიური გაკვეთილის ჩატარებისთვის განკუთვნილი სწავლების სტრატეგიები.

რუბრიკა „**გააზრება**“ გულისხმობს საგაკვეთილო მასალის უფრო ღრმად შეცნობას. ამ რუბრიკაში ზოგჯერ მოცემულია დამატებითი ინფორმაცია, რომელიც ავსებს საგაკვეთილო მასალას. ამ ინფორმაციაზე დაყრდნობით მასწავლებელს საშუალება ეძლევა წარმართოს დისკუსია. რუბრიკაში მოსწავლეთა სამუშაოდ მოცემულია ცხრილები, რომლებიც უნდა შეივსოს საშინაო დავალების რეგულაბში. აგრეთვე, ექსპერიმენტული სამუშაოები, რომლებიც კვლევითი უნარების ჩამოყალიბებას უწყობს ხელს.

რუბრიკა „**გააზრება**“ ძირითადად მოიცავს ისეთ აქტივობებს, რომლებიც ლოგიკურ მსჯელობას მოითხოვს და ნაკლებად წერილი სამუშაოს შესრულებას.

სიტყვა „**იმჯელე**“ ნიშნავს დასაბუთებული, არგუმენტირებული პასუხის გაცემას კითხვაზე, რომელზედაც მსჯელობა მოითხოვება.

გავლილი მასალის გამეორებისათვის ყოველი სასწავლო თემის ბოლოს მოცემულია ამ თემის შემაჯამებელი გაკვეთილები, რომელშიც შეჯამდება და განზოგადდება მიღებული ცოდნა. ეს გაკვეთილები უმეტესად შეიცავს სქემებს და მოსწავლეებისაგან მოითხოვს მსჯელობასა და დასკვნების გამოტანას სასწავლო თემასთან დაკავშირებით.

ფიზიკის, როგორც საგნის სპეციფიკიდან გამომდინარე, სახელმძღვანელოს აგებისას განსაკუთრებული ყურადღება მიექცა ექსპერიმენტული უნარების გამომუშავებას (საკლასო და საშინაო ექსპერიმენტული სამუშაოებით), ლოგიკურ მსჯელობას („გააზრებაში“ მოცემულ საკითხზე მსჯელობისას, დისკუსიისას, გამოწვევის ეტაპზე მსჯელობისას), პრეზენტაციებს, ინფორმაციის მოძიებას, დიაგრამებისა და ცხრილების გამოყენებას. ჩვენ ვთვლით, რომ რეფლექსიის ფაზას დიდი მნიშვნელობა აქვს საგაკვეთილო მასალის ხარისხიანად ათვისებისათვის.

ჩვენ შევეცადეთ საშინაო დავალებები უმრავლეს შემთხვევაში ყოფილიყო ორიენტირებული სასწავლო მასალის გააზრებაზე.

ჩვენი მოსაზრებით, სახელმძღვანელოში მოცემული სავარჯიშო ამოცანები უნდა ემსახურო-

დეს შესწავლილი ცნების ან კანონის განმტკიცებას. შესაბამისად, ასეთი სავარჯიშოები მოსწავლისთვის ადვილად დასაძლევია უნდა იყოს.

საკავეთილო პროცესი მოითხოვს სხვადასხვა აქტივობას (დისკუსია, ექსპერიმენტი, მუშაობა წყვილებსა და ჯგუფებში), რაც სასწავლო-შემეცნებით პროცესში მოსწავლეების აქტიურ ჩართვას ითვალისწინებს. აგრეთვე, ასეთი აქტივობები ხელს უწყობს სხვადასხვა უნარ-ჩვევის განვითარებას, როგორცაა: დაკვირვება და აღწერა, მონაცემების აღრიცხვა, კლასიფიკაცია, ცდის ჩატარება, მონაცემების ინტერპრეტაცია, მოდელის შექმნა და გამოყენება. კომპლექსურ დავალებებში მოცემულმა აქტივობებმა მოსწავლეებში უნდა გამოიწვიოს ინტერესი ფიზიკის შესწავლის მიმართ, ინტერესი მეცნიერული კვლევისა და სიახლეებისადმი, თანამშრომლობის სურვილი, გარემოზე ზრუნვა და პასუხისმგებლობა, უსაფრთხო ცხოვრების წესების დაცვის მნიშვნელობის გააზრება.

სასწავლო მასალის სრულფასოვნად ათვისებისათვის აუცილებელია ლაბორატორიული ხელსაწყოების გამოყენება, პროექტორი, კომპიუტერი, ელექტრონული რესურსები. მოსწავლეს შეუძლია Google-ს ან Youtube-ის გამოყენებით მოიპოვოს მისთვის საინტერესო მასალა და ვიდეორგოლები.

სწავლების აქტიური მეთოდების გამოყენებამ წლის ბოლოსათვის უნდა უზრუნველყოს სტანდარტით განსაზღვრული შედეგების მიღწევა.

მოსწავლე სასწავლო წლის ბოლოს შეძლებს პრაქტიკულ აქტივობებში მონაწილეობას და კვლევითი უნარ-ჩვევების დემონსტრირებას.

ჩაკომენდასიები მასწავლებლისათვის

პირველივე საკვითილზე გააცანით მოსწავლეებს სახელმძღვანელოს სტრუქტურა და გამოყენების წესები (სახ. გვ. 4. წიგნზე მუშაობის პირობითი ნიშნები). განუმარტეთ, რომ **სახელმძღვანელოში ჩანაწერის გაკეთება არ შეიძლება**. ამიტომ სხვადასხვა წერილობითი დავალება უნდა შეასრულონ საშინაო დავალების რეჟიმში ან ზეპირსიტყვიერად საჭიროების მიხედვით.

ავტორები შევეცადეთ სახელმძღვანელოში შეგვეტანა მრავალფეროვანი აქტივობები. ვთვლით, რომ ფიზიკის სრულფასოვანი შესწავლისათვის აუცილებელია მოსწავლეებმა შეძლონ პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების ამოხსნა და კომპლექსური დავალებების შესრულება.

მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, რომ სასწავლო წლის დასაწყისში მოსწავლეებს შეახსენოთ ამოცანის ამოხსნის ალგორითმი, რომლის სწორად გამოყენებისას გაუმარტივდებათ ამოცანებზე მუშაობა.

ამოცანის ამოხსნისათვის აუცილებელია:

1. ყურადღებით წაიკითხო ამოცანის პირობა. გაერკვე ამოცანის მოთხოვნაში. გამოყო საძიებელი და ცნობილი ფიზიკური სიდიდეები. მოკლედ ჩანერო ამოცანის პირობა ფიზიკურ სიდიდეთა ასოითი აღნიშვნების გამოყენებით (სასურველია, საძიებელი უცნობი სიდიდე ე.წ. მოცემულობის დასაწყისში იყოს, რაც მოსწავლეს გაუმარტივებს დამატებით მონაცემების შეტანას);
2. წარმოიდგინო ფიზიკური მოვლენა. შეასრულო განმარტებითი ნახაზი. გაიხსენო კანონი, ფორმულა, გრაფიკი, რაც ეხება განსახილველ მოვლენებს, სხეულებსა და მათი გამოყენების არეს;
3. საჭიროების მიხედვით ერთეულების SI სისტემაში გადაყვანა;
4. შეამოწმო ამოცანის ამოხსნის სისწორე და გააანალიზო იგი. დარწმუნდე ამოცანის ამოხსნის სისწორეში ფიზიკურ სიდიდეთა ერთეულების ჩასმის ხერხის გამოყენებით.

რადგანაც ფიზიკა ექსპერიმენტული მეცნიერებაა, ავტორები შევეცადეთ სახელმძღვანელოში შეგვეტანა ექსპერიმენტული სამუშაოები კვლევების სახით. ამიტომ, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია შეახსენოთ მოსწავლეებს ექსპერიმენტის ჩატარების ალგორითმი.

მარტივი ექსპერიმენტის ჩატარების გეგმა

1. ექსპერიმენტის მიზანი;
2. ვარაუდის გამოთქმა შედეგის შესახებ;
3. საჭირო რესურსები;

4. ექსპერიმენტის მსვლელობა;
5. ექსპერიმენტის შედეგი;
6. დასკვნა (შედეგის ახსნა).

ზოგიერთ ექსპერიმენტულ კვლევაში მოსწავლეებს სთხოვთ თვითონ შეადგინონ მარტივი ექსპერიმენტის გეგმა და ამ გეგმით ჩაატარონ ექსპერიმენტი.

• **როგორ დავგეგმოთ კომპლექსური დავალება?**

მასწავლებელმა კომპლექსური დავალების დასაგეგმად უნდა გაითვალისწინოს შემდეგი ფაქტორები:

1. უნდა შეარჩიოს სამიზნე ცნება, რომელთან დაკავშირებითაც აპირებს კომპლექსური დავალების შექმნას (ცხადია, ფიზიკაში აღებული ნებისმიერი თემის დამუშავება ერთდროულად შეიძლება მოიცავდეს ბევრ სამიზნე ცნებას, თუმცა კონკრეტულ კომპლექსურ დავალებაში ყურადღება უფრო მეტად უნდა იყოს გამახვილებული ერთ რომელიმე სამიზნე ცნებაზე).
2. უნდა შეარჩიოს ქვეცნებები, რომელთაც მოსწავლეები დაამუშავებენ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობისას. ქვეცნებები არის ის ტერმინები, რომელთა გააზრებითაც მოსწავლე დაადგება სამიზნე ცნებამდე მისასვლელ გზას.
3. უნდა შეარჩიოს საკითხთა ჩამონათვალი, რომელსაც დაამუშავებს მოსწავლე კომპლექსური დავალების განხორციელებისას. საკითხები უმეტესად სახელმძღვანელოში მოცემული პარაგრაფებია.
4. უნდა გაითვალისწინოს, რომ მოსწავლეთა განსხვავებული შესაძლებლობების გამო, მათი განსხვავებული აკადემიური მოსწრების გამო, ყველა მოსწავლე ვერ შეძლებს დავალების სრულად შესრულებას. შესაბამისად, კომპლექსური დავალება (ისევე როგორც ნებისმიერი საკლასო აქტივობა, საკლასო წერა, შემაჯამებელი წერა, და ა.შ.) უნდა შეიცავდეს დიფერენცირებული სწავლების პრინციპებს. კერძოდ, კომპლექსურ დავალებაში უნდა იყოს როგორც მარტივად შესასრულებელი აქტივობები, ასევე საშუალო სირთულისა და მაღალი სააზროვნო უნარების შესაბამისი აქტივობები.
5. შესაძლებელია, რომ მასწავლებელმა ჯერ კომპლექსური დავალება შექმნას (მოუვიდეს რაიმე იდეა, მიანოდოს კოლეგამ იდეა, შეარჩიოს კომპლექსური დავალება რაიმე რესურსიდან – კომპლექსური დავალებების ბაზიდან და სხვ.) და შემდეგ დაუკავშიროს იგი კონკრეტულ სამიზნე ცნებას. ამ შემთხვევაში მაინც აუცილებელია იმის გათვალისწინება, თუ რომელი ქვეცნებებისა და საკითხების დამუშავება მოუწევს მოსწავლეს აღნიშნულ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობისას.

• **რას დავეყრდნობთ კომპლექსური დავალების შეფასებისას?**

სამიზნე ცნება „მატერია“:

„მატერიასთან“ დაკავშირებული კომპლექსური დავალების ზოგადი საკვანძო შეკითხვების შინაარსი (შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები):

- ნივთიერების თვისებების, და/ან აგებულების და/ან მისი შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობის დაკავშირება განსახილველ მოვლენებთან;
- კონკრეტული მოვლენისთვის მნიშვნელოვანი ფიზიკის კანონები და მათი გამოყენება ამ მოვლენის მახასიათებელი სიდიდეების გამოსათვლელად;
- რეალურ მოვლენაზე ან მის სიმულაციაზე დაკვირვებისას მიღებული მონაცემების ანალიზი და ამ ანალიზზე დაფუძნებული არგუმენტირებული დასკვნები;
- რა მიზეზების გამო (ანუ რა ვერ გაითვალისწინეთ და რატომ) შეიძლება იყოს ჩვენი დასკვნები აცდენილი რეალურ სურათს?
- კვლევის თითოეულ ეტაპზე (საკითხის დასმა, ვარაუდის გამოთქმა და ა.შ.) რა აქტივობები განახორციელებთ; რა სტრატეგიები გამოიყენეთ/რა ნაბიჯები გადადგით დავალებაზე მუშაობის სხვადასხვა ეტაპზე; რას გააკეთებდით განსხვავებულად ახლიდან რომ იწყებდეთ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობას.

სამიზნე ცნება „ენერგია“:

„ენერგიასთან“ დაკავშირებული კომპლექსური დავალების ზოგადი საკვანძო შეკითხვების შინაარსი (შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები):

- სხვადასხვა სახის ენერგია, რაც კონკრეტული მოვლენისთვის არის მნიშვნელოვანი;
- კონკრეტული მოვლენისთვის მნიშვნელოვანი ფიზიკის კანონები და მათი გამოყენება ამ მოვლენის მახასიათებელი სიდიდეების გამოსათვლელად;
- რეალურ მოვლენაზე ან მის სიმულაციაზე დაკვირვებისას მიღებული მონაცემების ანალიზი და ამ ანალიზზე დაფუძნებული არგუმენტირებული დასკვნები;
- რატომ ვფიქრობთ, რომ მხოლოდ ამ სახის ენერგია არის მნიშვნელოვანი კონკრეტული მოვლენის განსახილველად?
- რა მიზეზების გამო (ანუ რა ვერ/ან გაითვალისწინეთ და რატომ) შეიძლება იყოს ჩვენი დასკვნები აცდენილი რეალურ სურათს?
- კვლევის თითოეულ ეტაპზე (საკითხის დასმა, ვარაუდის გამოთქმა და ა.შ.) რა აქტივობები განახორციელებთ; რა სტრატეგიები გამოიყენეთ/რა ნაბიჯები გადადგით დავალებაზე მუშაობის სხვადასხვა ეტაპზე; რას გააკეთებდით განსხვავებულად ახლიდან რომ იწყებდეთ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობას.

სამიზნე ცნება „ურთიერთქმედება“:

„ურთიერთქმედებასთან“ დაკავშირებული კომპლექსური დავალების ზოგადი საკვანძო შეკითხვების შინაარსი (შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები):

- ძალები, რომლებიც კონკრეტული მოვლენისთვის არის მნიშვნელოვანი;
- კონკრეტული მოვლენისთვის მნიშვნელოვანი ფიზიკის კანონები და მათი გამოყენება ამ მოვლენის მახასიათებელი სიდიდეების გამოსათვლელად;
- რეალურ მოვლენაზე ან მის სიმულაციაზე დაკვირვებისას მიღებული მონაცემების ანალიზი და ამ ანალიზზე დაფუძნებული არგუმენტირებული დასკვნები;
- რა მიზეზების გამო (ანუ რა ვერ/ან გაითვალისწინეთ და რატომ) შეიძლება იყოს ჩვენი დასკვნები აცდენილი რეალურ სურათს?

კვლევის თითოეულ ეტაპზე (საკითხის დასმა, ვარაუდის გამოთქმა და ა.შ.) რა აქტივობები განახორციელებთ; რა სტრატეგიები გამოიყენეთ/რა ნაბიჯები გადადგით დავალებაზე მუშაობის სხვადასხვა ეტაპზე; რას გააკეთებდით განსხვავებულად ახლიდან რომ იწყებდეთ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობას.

სამიზნე ცნება „ფიზიკური პროცესი“:

„ფიზიკური პროცესთან“ დაკავშირებული კომპლექსური დავალების ზოგადი საკვანძო შეკითხვების შინაარსი (შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები): მოძრაობა და ცვლილებები:

- სხვადასხვა სახის ფიზიკური პროცესები, რომლებიც თქვენ მიერ განსახილველ ამოცანაში გხვდებათ;
- კონკრეტული მოვლენისთვის მნიშვნელოვანი ფიზიკის კანონები და მათი გამოყენება ამ მოვლენის მახასიათებელი სიდიდეების გამოსათვლელად;
- რეალურ მოვლენაზე ან მის სიმულაციაზე დაკვირვებისას მიღებული მონაცემების ანალიზი და ამ ანალიზზე დაფუძნებული არგუმენტირებული დასკვნები;
- რატომ ვფიქრობთ, რომ მხოლოდ ამ სახის ენერგია/ძალა არის მნიშვნელოვანი კონკრეტული მოვლენის განსახილველად?
- რა მიზეზების გამო (ანუ რა ვერ/ან გაითვალისწინეთ და რატომ) შეიძლება იყოს ჩვენი დასკვნები აცდენილი რეალურ სურათს?
- კვლევის თითოეულ ეტაპზე (საკითხის დასმა, ვარაუდის გამოთქმა და ა.შ.) რა აქტივობები განახორციელებთ;

- რა სტრატეგიები გამოიყენეთ/რა ნაბიჯები გადადგით დავალებაზე მუშაობის სხვადასხვა ეტაპზე; რას გააკეთებდით განსხვავებულად ახლიდან რომ იწყებდით კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობას.

ცხადია, კონკრეტულ სამიზნე ცნებასთან მიმართებაში არსებულ კომპლექსურ ამოცანას სჭირდება, საკითხიდან გამომდინარე, კონკრეტული საკვანძო შეკითხვები (შეფასების კრიტერიუმები) და არა ასეთი ზოგადი სახით, როგორც ზემოთაა ჩამოთვლილი.

როგორ შევაფასოთ კომპლექსური დავალება?

კომპლექსური დავალების შეფასება შეიძლება იყოს როგორც განმავითარებელი (შესაბამისი მკაფიო კომენტარებით), ასევე განმსაზღვრელი (კონკრეტული ქულით, ნიშნით).

თავის მხრივ, განმავითარებელი შეფასება შესაძლებელია შესრულდეს ორნაირად: ერთი, როდესაც მასწავლებელი აფასებს კომპლექსურ დავალებაში მოცემულ საკვანძო შეკითხვებზე გაცემული პასუხების ხარისხს და მეორე, როდესაც მასწავლებელი აფასებს მთლიანი კომპლექსური დავალების შესრულების ხარისხს.

ა) საკვანძო კითხვებზე გაცემული პასუხების განმავითარებელი შეფასებისთვის ვიყენებთ შეფასების რუბრიკას მოსწავლის მიღწევების ტაქსონომიას, რომელშიც ზუსტადაა განერილი, თუ რომელი კრიტერიუმი რა დონეზე შეასრულა მოსწავლემ. განმავითარებელი შეფასებისას ვაფასებთ კომპლექსური დავალების საკვანძო შეკითხვებზე გაცემულ პასუხებს (ცალ-ცალკე). თითოეული პასუხი შესაძლოა მივუსადაგოთ შეფასების რუბრიკის კონკრეტულ დონეს.

პრეზენტაციის ფორმა:

1. გვარი, სახელი, კლასი. თემა –
2. კომპლექსური დავალების პირობა
3. ექსპერიმენტი/მოდელი
4. ექსპერიმენტი ან კვლევა უნდა წარმოადგინოთ შემდეგი სახით:
 - ექსპერიმენტის/კვლევის მიზანი
 - საჭირო რესურსები
 - ვარაუდი ექსპერიმენტის/კვლევის შედეგზე;
 - ექსპერიმენტის/კვლევის მსვლელობა;
 - ექსპერიმენტის შედეგების წარმოდგენა ცხრილის, გრაფიკების სახით;
 - მონაცემთა დამუშავება;
 - დასკვნის წარმოდგენა (დაკავშირება კომპლექსური დავალების პირობასთან);
 - ექსპერიმენტის ვიდეო/ფოტომასალის წარმოდგენა.
5. გადაინერეთ კომპლექსური დავალების თითოეული შეკითხვა და უპასუხეთ.
6. თუ დავალების პირობა ითვალისწინებს მოდელის დამზადებას, პრეზენტაციაზე წარმოადგინეთ მოდელი და ახსენით მისი მოქმედების პრინციპი.
7. დაუკავშირეთ კომპლექსურ დავალებაში მოცემული თემა/საკითხი ყოველდღიურ ცხოვრებას. ქვევით მოცემულია განმავითარებელი შეფასების რუბრიკა (ზოგადი სახით) მოსწავლეთა მიღწევის დონეებით.

პრეზენტაციის შინაარსობრივი სტრუქტურა და შეფასების რუბრიკა

1. საკითხის მნიშვნელობა;
2. საკითხის ფიზიკური არსი;
3. პრაქტიკული მაგალითები;
4. დასკვნა.

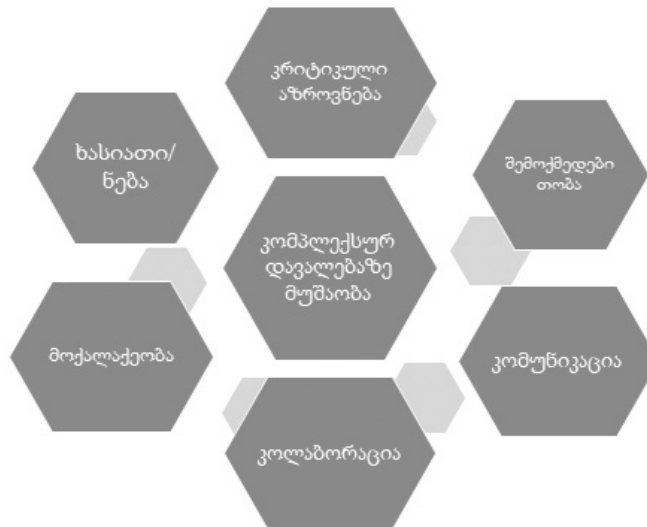
Power Point-ში წარმოდგენილი პრეზენტაციის შეფასების რუბრიკა

№	შეფასების კრიტერიუმები	ქულები
პრეზენტაციის შინაარსი		
1	პრეზენტაციისთვის შერჩეული საკითხი წარმოდგენილია შეთანხმებული სტრუქტურის სახით	1
2	პრეზენტაციის თითოეული ნაწილის შინაარსი და მოცულობა შეესაბამება მიზანს/სახელწოდებას	1
3	საკითხი ამომწურავად და სწორი შინაარსობრივი აქცენტებით არის წარმოდგენილი	2
პრეზენტაციის მომზადების ტექნიკა		
4	სლაიდები დასათაურებელია	1
5	გამოყენებული ვიზუალი ეფექტური და ინფორმატიულია; ტექსტისა და თვალსაჩინოების (ფოტოები, სურათები, ცხრილები, დიაგრამები, ანიმაციური ეფექტები და სხვ.) ბალანსი დაცულია დაახლოებით 1:2 თანაფარდობით	1
პრეზენტაციის წარდგენა		
6	გამართული და ლოგიკური მსჯელობა	1
7	აუდიტორიასთან კონტაქტი (ყურადღების მიპყრობა და შენარჩუნება)	1
8	დასმულ კითხვებზე სრული და სწორი პასუხების გაცემა	2

დანართი 1-ის სახით ცხრილის საფუძველზე უნდა გაკეთდეს იმის ანალიზი, თუ რამდენად ჩართულია მოსწავლე სასწავლო პროცესში, რამდენად უწყობს სასწავლო პროცესი ხელს მის ემოციურ-სოციალურ განვითარებას.

მოცემულია 6 ცხრილი. თითოეული მათგანი შეესაბამება ერთი ფუნქციურ-კომპონენტურ უნარს:

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



ქვემოთ მოცემულია 6 ცხრილი, რომლებიც წარმოაჩენს, თუ რას გულისხმობს თითოეული ფუნქციურ-კომპონენტური უნარი. იმ შემთხვევაში, თუკი, ცხრილების პირველ და მეორე სვეტებში მოცემულ კატეგორიებზე დაყრდნობით კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში მოსწავლის აქტივობის აღწერა ხერხდება, ეს იმას ნიშნავს, რომ **სასწავლო პროცესი ხელს უწყობს ბავშვის ემოციურ-სოციალურ განვითარებას**. თუკი ცხრილში მოცემული აქტივობები არ არის დაკვირვებადი, ეს ნიშნავს, რომ:

- ან კომპლექსური დავალება არ არის სათანადოდ შერჩეული და მოითხოვს შემდგომ ადაპტირებას;
- ან მასწავლებელმა უნდა შეცვალოს კონკრეტულ მოსწავლესთან მიმართებით სწავლა-სწავლების სტრატეგიები;
- ან პრობლემები არსებობს პოზიტიურ სასწავლო გარემოსთან მიმართებით.

ფუნქციური უნარი კრიტიკული აზროვნება	კოგნიტური ოპერაციები / კომპონენტები	საორიენტაციო შეკითხვები მასწავლებლისთვის
დაკვირვება	გახსენება	<ul style="list-style-type: none"> • გინახავთ თუ არა • რაზე გამოუთქვამთ უკმაყოფილება • რომელ პრობლემებს შეუწუხებიათ ? • ხომ არ გაიხსენებდით... პრობლემა გადაიჭრა?
	ამოცნობა	<ul style="list-style-type: none"> • რით განსხვავდება ერთმანეთისგან • რომელ პრობლემებს შეიძლება ვუწოდოთ • რა მოახდენდა ზემოქმედებას
კანონზომიერების აღმოჩენა და განზოგადება	შედარება და დაპირისპირება (კონტრასტი)	<ul style="list-style-type: none"> • რით ჰგავს და რით განსხვავდება
	კლასიფიცირება	<ul style="list-style-type: none"> • რა ტიპის პრობლემები შეიძლება არსებობდეს
	რელევანტური და არარელევანტური ინფორმაციის იდენტიფიცირება	<ul style="list-style-type: none"> • როგორ შეიძლება ნარმოჩნდეს, თუ რამდენად მწვავე და აქტუალურია • რამდენად რეალურია პრობლემის გადაჭრა
დასკვნების ჩამოყალიბება კანონზომიერებების საფუძველზე	ვარაუდის გამოთქმა	<ul style="list-style-type: none"> • რამ გამოიწვია პრობლემა? • რა შედეგები მოჰყვება/შეიძლება მოჰყვეს მას?
	პირველადი დასკვნა	<ul style="list-style-type: none"> • რატომ არის საჭირო დავალების პირველადი ვერსიის შექმნა? • რით განსხვავდება შესრულებული დავალების პირველადი ვერსია საბოლოოსგან? • რა ფაქტორებმა გამოიწვია/შეუძლია გამოიწვიოს პირველადი დასკვნების გადასინჯვა?
დასკვნების შეფასება დაკვირვების საფუძველზე	თანმიმდევრულობის შემოწმება	<ul style="list-style-type: none"> • შენი აზრით, რა არის საჭირო იმისთვის, რომ შენი სათქმელი კარგად გაიაზროს? • რატომ ფიქრობთ, რომ თქვენი იქნება ეფექტური? • რით განსხვავდება ერთმანეთისგან თანმიმდევრული და არათანმიმდევრული მსჯელობა?
	ტენდენციურობის, სტერეოტიპების, კლიშეებისა და პროპაგანდის იდენტიფიცირება უსაფუძვლო დაშვებების იდენტიფიცირება	<ul style="list-style-type: none"> • ხვდებით თუ არა • როგორ შეიძლება განვასხვაოთ ერთმანეთისგან ფაქტები, ინტერპრეტაციები • რამ შეიძლება ხელი შეგვიშალოს ფაქტების, ინტერპრეტაციების ერთმანეთისგან გარჩევაში?
	გადამეტებული განზოგადების ამოცნობა	<ul style="list-style-type: none"> • როგორია თქვენი მოლოდინები. • რატომ ფიქრობთ ასე?
	დასკვნების ფაქტებით დადასტურება	<ul style="list-style-type: none"> • რა ფაქტებით დასტურდება შენ მიერ ჩამოყალიბებული დებულებები?

ფუნქციური უნარი – შემოქმედებითობა	კოგნიტური ოპერაციები/ კომპონენტები	კომენტარი (ნიმუშები)
თავისუფლად აზროვნება	კითხვების დასმა	<ul style="list-style-type: none"> რა არის გაუგებარი კომპლექსური დავალების პირობასთან მიმართებით? რა გიშლის ხელს კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობაში? რა არის განსხვავებული შენი და შენი თანაკლასელების მიერ შესრულებულ კომპლექსურ დავალებებში? როგორ წარმოაჩემ ამ განსხვავებებს შეკითხვების სახით?
	იდების გენერირება; პრობლემის გადაჭრის გზების დასახელება; ალტერნატიული პასუხების ძიება და პრობლემის გადაჭრის გზების შემოთავაზება.	<ul style="list-style-type: none"> რა გზებით შეიძლება დააფიქრო გამოკვეთილ პრობლემაზე? რომელი ხერხი იქნება უფრო ეფექტური? შეიძლება თუ არა საამისოდ ორი ან სამი ალტერნატიული გზის დასახვა?
ფლექსიურობა	პრობლემის დანახვა და შეფასება სხვადასხვა პერსპექტივიდან	<ul style="list-style-type: none"> როგორ ფიქრობ, როგორ აღიქვამს ამ პრობლემას რით განსხვავდება რა უნდა გავითვალისწინოთ
	მიდგომების მრავალფეროვნება (approach)	
ორიგინალობა	უნიკალური და ახალი იდეის გენერირება	<ul style="list-style-type: none"> რა სტრატეგიები შეიძლება გამოვიყენო ორიგინალური იდეის ჩამოსაყალიბებლად
	სხვადასხვა ელემენტისგან უნიკალური კომბინაციების შექმნა	
დეტალებზე ყურადღების გამახვილება	იდების განვითარება და გამდიდრება დეტალიზაციის ხარჯზე	<ul style="list-style-type: none"> რატომ მოგწონს ესა თუ ის რის ხარჯზე შეიძლება დაიხვეწოს კომპლექსური დავალების პირველადი ვერსია? რა მნიშვნელობა აქვს დეტალებს

ფუნქციური უნარი – კომუნიკაცია	კოგნიტური ოპერაციები/ კომპონენტები	კომენტარი (ნიმუშები)
ინფორმაციის ნათლად და შინაარსიანად გამოხატვა	მიზნობრიობა (ინფორმირება, ინსტრუქტირება, მოტივირება, დარწმუნება)	<ul style="list-style-type: none"> • ვისთვის ამზადებთ • რატომ ფიქრობთ, რომ თქვენ მიერ შექმნილი/წარდგენილი საინტერესო იქნება ?
	მეტყველების ტიპის შერჩევა – აღწერა, თხრობა, მსჯელობა	<ul style="list-style-type: none"> • მეტყველების რა ტიპები შეიძლება არსებობდეს? რომელი მათგანი იქნება უფრო მიზნობრივი კომპლექსური დავალების პრეზენტაციისას?
	აქტიური მოსმენა (კავშირის დამყარება, ნდობის მოპოვება, დიალოგში გაყოლა (ანუ მონიტორინგი), მიზნობრიობა ფრაგმენტულობა)	<ul style="list-style-type: none"> • რით შეიძლება დაგეხმაროთ მასწავლებელთან, სხვა მოსწავლეებთან დიალოგი კომპლექსური დავალების შესრულებაში? • რა დაგეხმარება, რომ უკეთ გაიგო თანაკლასელების, მასწავლებლის სათქმელი? • რით შეიძლება დახმარება გაუწიოს თქვენმა შეკითხვებმა თანაკლასელებს სათქმელის უკეთ ჩამოყალიბებაში?
	კონტექსტუალიზება (საკომუნიკაციო სიტუაციის გაანალიზება და გამოხატვის რელევანტური საშუალების შერჩევა (სათანადო ფუნქციური სამეცხველო ქმედების გამოყენება)	<ul style="list-style-type: none"> • რა ფაქტორები უნდა გაითვალისწინოთ საიმისოდ, რომ თქვენი კომპლექსური დავალების პრეზენტაცია მსმენელისთვის გასაგები და მისაღები იყოს (მაგ., ფუნქციური სამეცხველო ქმედების სწორად შერჩევა, სენსიტიური ნიუანსების წინ წამოწევა)?
	არავერბალური სიგნალები (სხეულის ენა, მიმიკა, ჟესტიკულაცია და ა.შ.)	<ul style="list-style-type: none"> • შეიძლება თუ არა არავერბალური სიგნალების საშუალებით უფრო საინტერესო და აღქმადი გახდეს პრეზენტაცია? • რა ტიპის ჟესტიკულაციებსა და მიმიკას მიმართავ პრეზენტაციის დროს?
თავდაჯერებულობა	ლიაობა	<ul style="list-style-type: none"> • რით ამდიდრებს შენს პრეზენტაციას თანაკლასელების მიერ წარმოდგენილი კომპლექსური დავალებები? ასევე მათი კომენტარები, შენიშვნები?
	კეთილგანწყობა	<ul style="list-style-type: none"> • როგორ წარმართავდით, რა ფაქტორების გათვალისწინებაა საჭირო სამიზნე აუდიტორიის/კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში ჩართული პირების კეთილგანწყობის მოსაპოვებლად?
ემპათია (სხვისი თვალთ დანახვა)	თვითრეფლექსია/ უკუკავშირი	<ul style="list-style-type: none"> • შეაფასეთ, რამდენად გამოგივიდათ ის, რაც მასწავლებლისგან გქონდათ დავალებული? • რას გააკეთებდით სხვაგვარად, ახლა რომ იწყებდით იმავე დავალებაზე მუშაობას?
	ურთიერთობის მონიტორინგი	<ul style="list-style-type: none"> • ვინ და როგორ დაგეხმარათ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?
აღიარება	თანასწორობა პასუხისმგებლობა ტოლერანტობა (განსხვავებულის მიმღებლობა) ორიენტაცია პრობლემაზე და არა კომუნიკაციაში ჩართულ სუბიექტზე	<ul style="list-style-type: none"> • შეხვედით თუ არა განსხვავებულ მოსაზრებებს კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში? რამდენად შეძელით თანამშრომლობა განსხვავებული შეხედულებების ადამიანებთან? • რამდენად მოახერხეთ აზრთა სხვადასხვაობის ვითარებაში ორიენტირებული ყოფილიყავით პრობლემაზე და არა კომუნიკაციაში ჩართულ ადამიანებზე?

ფუნქციური უნარი – თანამშრომლობა	კოგნიტიური ოპერაციები/ კომპონენტები	კომენტარი (ნიმუშები)
ერთად მუშაობა	პირისპირ და ტექნოლოგიების გამოყენებით იდეებისა და რე-სურსების გაზიარების გზით	<ul style="list-style-type: none"> გამოიყენეთ თუ არა ტექნოლოგიები კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში? რაში დაგეხმარათ ტექნოლოგიების გამოყენება?
საერთო პასუხისმგებლობა	საერთო მიზანი	<ul style="list-style-type: none"> რა საერთო მიზანი გქონდათ შენ და შენს მასწავლებელს კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში? გქონდათ თუ არა საერთო მიზნები თანაკლასელებთან ერთად?
	ანგარიშვალდებულება შედეგთან მიმართებით	<ul style="list-style-type: none"> რატომ განახორციელეთ კომპლექსური დავალება?
არსებითი გადაწყვეტილებები (შინაარსი, პროცესი, პროდუქტი)	წინარე ცოდნის გამოყენება გადაწყვეტილებების მიღების მიზნით	<ul style="list-style-type: none"> მსგავსი ტიპის კომპლექსური დავალება თუ შეგისრულებიათ სკოლაში?
	როლებისა და პასუხისმგებლობების განაწილება	<ul style="list-style-type: none"> როგორ ინაწილებდით პასუხისმგებლობებს მასწავლებელთან/თანაკლასელებთან კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?
	პროდუქტის დიზაინი, ბუნება და გამოყენებითობა	<ul style="list-style-type: none"> რა პროდუქტი შექმენით კომპლექსური დავალების სახით? ვისთვის და რატომ არის ეს პროდუქტი სასარგებლო და საინტერესო?
	ურთიერთდამოკიდებულება (ანგარიშვალდებულების ორი დონე – ინდივიდუალური და ჯგუფური)	<ul style="list-style-type: none"> ვის წინაშე იყავით ანგარიშვალდებული სამუშაო პროცესში (მასწავლებლის, თანაკლასელების)?

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

ფუნქციური/ კომპონენტური უნარი – ხასიათი/ ნებისყოფა/ ნებელობა	კოგნიტიური ოპერაციები/ კომპონენტები	კომენტარი (ნიმუშები)
იდენტობა	საკუთარი შესაძლებლობებისა და ინტერესების გაცნობიერება (ვინ ვარ მე)	<ul style="list-style-type: none"> რას მადლევს მე/ რატომ არის ჩემთვის მნიშვნელოვანი კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესი? (რა გავიგე, რა შევეძელი, რა შევიძინე კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის შედეგად?
	გადანყვეტილების მიღება თვითრეალიზაციისთვის (რასთან ვაფილირდები)	
თვითრეგულაცია	მიზნების დასახვა	<ul style="list-style-type: none"> რა გრძელვადიან და მოკლევადიან მიზნებს ისახავდით კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?
	დაგეგმვა	<ul style="list-style-type: none"> როგორ დაგეგმე კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესი? რა ფაქტორებს ითვალისწინებდი სამუშაო პროცესის დაგეგმვისას?
	თვითეფექტურობის განცდა	<ul style="list-style-type: none"> რა გამოგივიდათ კარგად კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?
	სწავლის სტრატეგიები	<ul style="list-style-type: none"> რა ხერხები გამოიყენე სასწავლო მასალის უკეთ გასაზრებლად? / კომპლექსური დავალების უკეთ შესასრულებლად?
	მონიტორინგი და შეფასება	<ul style="list-style-type: none"> წარმართა თუ არა კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესი დაგეგმილის შესაბამისად? გახდა თუ არა საჭირო პირველად გეგმებში ცვლილებების შეტანა?
დახმარებისთვის სხვებისთვის მიმართვა	<ul style="list-style-type: none"> ვისთან ითანამშრომლეთ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში? (რა დახმარება გაუწიეთ თანაკლასელებს/სამეზობლო თემის წევრებს/მასწავლებელს; რა მხარდაჭერა მიიღეთ მათგან) 	
თვითაქტუალიზაცია	ენტუზიაზმი ყველა საქმის მიმართ	<ul style="list-style-type: none"> იყო თუ არა საინტერესო და სასიამოვნო თქვენთვის კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესი?
	ავტონომიურობა	<ul style="list-style-type: none"> რა გააკეთეთ დამოუკიდებლად კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?
	საკუთარი თავის პოზიტიური შეფასება	<ul style="list-style-type: none"> რა გამოგივიდათ კარგად კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესში?
	ადამიანებისა და სამყაროს მიმართ კეთილგანწყობა	<ul style="list-style-type: none"> თქვენი აზრით, რა სამსახური გაუწიეთ სხვა ადამიანებს თქვენ მიერ შესრულებული კომპლექსური დავალებით?
	პროცესზე ორიენტირებულობა	<ul style="list-style-type: none"> როგორ დაგეგმე კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესი? რა ფაქტორებს ითვალისწინებდი სამუშაო პროცესის დაგეგმვისას? წარმართა თუ არა კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესი დაგეგმილის შესაბამისად? გახდა თუ არა საჭირო პირველად გეგმებში ცვლილებების შეტანა?

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.

მოსწავლის მიღწევების ტაქსონომია

შეფასების კრიტერიუმი	კომენტარი
პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.	
უნისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	
მულტისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	
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). მიმართებით 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.	
აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს შეუძლია სამიზნე ცნებაზე მუშაობის პროცესში შექნილი ცოდნისა და გამოცდილების ეროვნული სასწავლო გეგმის შესაგნობრივ (მაკრო) ცნებებთან დაკავშირება.	

აბსტრაქტულ დონეზე ნახსენები შესაგნობრივი (მაკრო) ცნებები ასევე უკავშირდება ევროკავშირის მიერ განსაზღვრულ XXI საუკუნის რვა საკვანძო კომპეტენციას.

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

დანართი 3. ეს დანართი სასწავლო პროცესში მოსწავლის ჩართულობის ხელის შეშლელი ფაქტორების დეტალური ანალიზის შესაძლებლობას იძლევა.

მასწავლებლის თვითშეფასების კითხვარი

ფაქტორები, რომლებიც ხელს უწყობს საგაკვეთილო პროცესში მოსწავლის აქტიურ ჩართულობას (მათი უგულებელყოფა შესაძლოა გახდეს სასწავლო პროცესში მოსწავლის ჩართულობის ხელის შეშლელი ფაქტორი) საიდან ჩანს, რომ სასწავლო პროცესი მიმდინარეობს ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნების შესაბამისად?	ჩანიშნა (ჰქონდა თუ არა ამას ადგილი)	კომენტარი / უკუკავშირი / კითხვა
ყველა მოსწავლემ იცის, თუ რა კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობს. სასწავლო პროცესში შემოთავაზებულ აქტივობებს უკავშირებს კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესს (სასწავლო პროცესის მართვა, დისტანციური სწავლება)		
სწავლა-სწავლების პროცესში მასწავლებელი ფასილიტაციას უწევს მოსწავლების მხრიდან კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის პროცესს. სასწავლო პროცესი წარმართება იმგვარად, რომ ყველა მოსწავლეს ეძლევა საკუთარი თავისა და ნაშრომის წარმოჩენის საშუალება (სასწავლო პროცესის მართვა, ინკლუზიური განათლება)		
მკაფიოა, რა შუალედურ და გრძელვადიან მიზანს ემსახურება სასწავლო პროცესი (სწავლა-სწავლების მიზნები)		
შეფასება ორიენტირებულია მოსწავლის მიღწევების აღწერაზე და არა ხარვეზების მარკირებაზე (შეფასება)		
სასწავლო რესურსები მორგებულია მოსწავლეების ინდივიდუალურ საჭიროებებს (რესურსები)		
მოსწავლე პასიური მსმენელია, თუ აქტიურ შემოქმედებით პროცესებშია ჩართული? (პრინციპი 1 – აქტიური სწავლა)		
ახალი მასალა მოსწავლეს სათანადო დამუშავების გარეშე მიეწოდება, თუ ყურადღება ექცევა მის თანდათანობით მიყვანას ახალ ცოდნამდე, ნაცნობ კონტექსტებზე დაყრდნობით? (პრინციპი 2 – წინარე ცოდნაზე დაყრდნობით ახალი ცოდნის კონსტრუირება)		
მოსწავლე იძენს ფრაგმენტულ ცოდნას, თუ ხდება სხვადასხვა ცოდნის ურთიერთდაკავშირება? (პრინციპი 3 – ცოდნის ორგანიზება და ურთიერთდაკავშირება)		
აქცენტი კეთდება მხოლოდ იმაზე – რას სწავლობს მოსწავლე, თუ ყურადღება მახვილდება სწავლის რა სტრატეგიებს იყენებს იგი? (პრინციპი 4 -სწავლის სწავლა)		
აქცენტი მხოლოდ დამახსოვრებაზე კეთდება, თუ მნიშვნელოვანი ადგილი ეთმობა სასწავლო მასალის რეალურ ცხოვრებასთან/ცხოვრებისეულ კონტექსტებთან დაკავშირებას (პრინციპი 5 – ცოდნის სამი კატეგორია)		

კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის შედეგად გამოვლინდება მასწავლებლების პროფესიული საჭიროებები.

თავი 1. შესავალი – ფიზიკა და მატერიალური სამყარო

- 1.1. ფიზიკა, მეცნიერება ბუნების შესახებ
- 1.2. ფიზიკა და სხვა მეცნიერებები
- 1.3. ფიზიკა და ტექნიკის პროგრესი
- 1.4. ბუნების ძალები

I თავის მოკლე დასკვნები

- ყველაფერი, რაც სამყაროში რეალურად არსებობს მატერიაა.
- მატერია არსებობს ნივთიერებისა და ველის სახით.
- მატერიალურ ობიექტებს შორის ურთიერთქმედება ოთხი სახისაა: გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ბირთვული, სუსტი.
- მატერიალური სამყაროს შესწავლა ხდება სამი მიმართულებით: მიკროსამყარო, მაკროსამყარო, მეგასამყარო.
- ფიზიკა მეცნიერებაა ბუნების შესახებ.
- ფიზიკის შესწავლის ობიექტებია: ნივთიერება, ველი, ურთიერთქმედებები და ფიზიკური პროცესები.
- ფიზიკის შესწავლა ეყრდნობა ცნებებს.
- ფიზიკის კვლევის მეთოდებია: დაკვირვება, ექსპერიმენტი, თეორიული გამოთვლები.
- ფიზიკა დაკავშირებულია საბუნებისმეტყველო და სხვა მეცნიერებებთან და პირიქით.
- ფიზიკის სამეტყველო ენაა მათემატიკა.
- ტექნიკის პროგრესი ეყრდნობა ფიზიკის მიღწევებს და პირიქით, ფიზიკის მიღწევებს განაპირობებს ტექნიკის განვითარება.

I თავის საკვანძო შეკითხვები

- რა არის მატერია?
- რა სახით არსებობს მატერია?
- რა სახის ურთიერთქმედებები არსებობს მატერიალურ ობიექტებს შორის?
- რომელი კანონებით აღინერება ურთიერთქმედება სხეულებს შორის, რომელთა სიჩქარე გაცილებით ნაკლებია სინათლის სიჩქარეზე?
- რომელი კანონით აღინერება გრავიტაციული ურთიერთქმედება ორ ნივთიერ (მატერიალურ) ნერტილს შორის?
- რომელია საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები?
- რას შეისწავლის ფიზიკა?
- რომელი მეცნიერებები ეყრდნობა და იყენებს ფიზიკის ცნებებსა და კანონებს?
- რა კავშირი აქვს ფიზიკას ტექნიკის განვითარებასთან?

სარეკომენდაციო აქტივობები.

მასწავლებელი:

მოსწავლეთთან ერთად **მსჯელობს** მატერიის რაობის შესახებ, გამოყოფს მატერიის სახეებს, ნივთიერებასა და ველს. ყოფს მატერიას მიკრო, მაკრო და მეგა სამყაროდ. **განუმარტავს**, რომ მატერიალური სამყარო შედგება, ატომების, მოლეკულების, ელემენტარული ნაწილაკებისგან და სხვა. ასევე მსჯელობს დროის და სივრცის შესახებ.

მოსწავლევთან ერთად **მსჯელობს** ფიზიკის, როგორც ბუნების შემსწავლელ ერთ-ერთ მეცნიერებაზე, **განიხილავს** ბუნებაში მიმდინარე რომელ მოვლენებს შეისწავლის ფიზიკის თითოეული ნაწილი, და მოსწავლეებთან ერთად **ახასიათებს** ფიზიკის თითოეული ნაწილის შესასწავლ საკითხებს.

მოსწავლეებს **განუმარტავს**, რომ ფიზიკის მეცნიერულმა მიღწევებმა შეცვალეს ადამიანების წარმოდგენები სივრცესა და დროზე. ფიზიკა დიდ როლს თამაშობს მსოფლმხედველობის ჩამოყალიბებაში.

მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს**, რა წარმატებები გამოიწვია ტექნიკის განვითარებაში ფიზიკის, როგორც მეცნიერების განვითარებამ.

მოსწავლეებთან ერთად აანალიზებს, რომ ფიზიკასთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების აღმოჩენები და განვითარება.

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ფიზიკის შესწავლაში საგნის შიგნით კავშირებს. ამიტომ მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** IX კლასში შესწავლილ მსოფლიო მიზიდულობის კანონისა და ნიუტონის კანონების მნიშვნელობაზე სხვა სახის ურთიერთქმედებების შესწავლისას.

თავი 2. ელექტროსტატიკა

- 2.1. ელექტრული მუხტი
- 2.2. სხეულების დამუხტვის ექსპერიმენტული კვლევა
- 2.3. სხეულების დამუხტვა. მუხტის მუდმივობის კანონი
- 2.4. ელექტრული ველი
- 2.5. დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების ექსპერიმენტული კვლევა
- 2.6. კულონის კანონი
- 2.7. ამოცანების ამოხსნა
- 2.8.შემაჯამებელი გაკვეთილი
- 2.9. ელექტრული ველის დაძაბულობა
- 2.10. ელექტრული ველის ძალნირები
- 2.11. ამოხსენი ამოცანები
- 2.12. გამტარები ელექტრულ ველში
- 2.13. დიელექტრიკები ელექტრულ ველში
- 2.14. ელექტრული ძალის მუშაობა
- 2.15. ელექტრული ველის პოტენციალი
- 2.16. ელექტროსტატიკური ველის ექსპერიმენტული კვლევა
- 2.17. პოტენციალთა სხვაობა. ეკვიპოტენციალური ზედაპირები
- 2.18. ამოცანების ამოხსნა
- 2.19. შემაჯამებელი გაკვეთილი
- 2.20. ელექტროტევადობა. კონდენსატორი
- 2.21. ელექტროტევადობის ექსპერიმენტული კვლევა
- 2.22. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა
- 2.23. ელექტრული ველის ენერგია
- 2.24. კონდენსატორების შეერთება
- 2.25. ამოცანების ამოხსნა
- 2.26. შემაჯამებელი გაკვეთილი

2 თავის მოკლე დასკვნები

- დამუხტული ნაწილაკის უმცირესი მუხტი ელემენტარული მუხტია, რომელიც ტოლია $1,6 \cdot 10^{-19}$ კულონი. ბუნებაში არსებობს ორი სახის მუხტი – დადებითი და უარყოფითი.
- ერთნაირნიშნის მუხტები განიზიდებიან, სხვადასხვანიშნის მიიზიდებიან.
- ელექტრული მუხტი სკალარული ფიზიკური სიდიდეა. ერთეულია კულონი.
- სხეულის ელექტრული მუხტი დისკრეტულია, $q = \pm ne$ (n - მთელი რიცხვია).
- სისტემის სხეულთა მუხტი ალგებრულად იკრიბება.
- ჩაკეტილი სისტემის ჯამური მუხტი მუდმივი სიდიდეა, მუხტი ინახება.
- ელექტრული ველი მატერიის ერთ-ერთი ფორმაა.
- ურთიერთქმედება დამუხტულ სხეულებს (ნაწილაკებს) შორის ელექტრული ველის საშუალებით ხორციელდება.
- უძრავი მუხტები ქმნიან ელექტროსტატიკურ ველს.
- ელექტრული ველის გავრცელების სიჩქარეა $300\,000$ კმ/წმ.
- წერტილოვანი მუხტები ურთიერთქმედებენ კულონური ძალით, $\vec{F} = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$.
- ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელია დაძაბულობა, $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$.
- რამდენიმე მუხტის მიერ შექმნილი ველის დაძაბულობა გამოითვლება სუპერპოზიციის პრინციპის თანახმად.
- ელექტრული ველის თვალსაჩინოდ წარმოდგენა შეიძლება წარმოსახვითი წირებით, რომლებსაც ველის ძალწირები ეწოდება.
- ელექტრული ველის დაძაბულობას ყოველ წერტილში ძალწირებისადმი გავლებული მხების მიმართულება აქვს და ემთხვევა დადებით მუხტზე მოქმედი ძალის მიმართულებას.
- გამტარები თავისუფალი ელექტრონების დიდ რაოდენობას შეიცავს.
- ელექტრულ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტრული ველი არ არის.
- დიელექტრიკები პრაქტიკულად არ შეიცავენ თავისუფალ მუხტებს.
- დიელექტრიკები ორი სახისაა: პოლარული და არაპოლარული.
- დიელექტრიკის ელექტრულ ველში მოთავსებისას გარე ველის დაძაბულობა მცირდება.
- ელექტრული ველი გადაადგილებს მასში მოთავსებულ მუხტს, ელექტრული ველი ასრულებს მუშაობას.
- წერტილოვან მუხტებს ელექტრულ ველში აქვთ ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია.
- ველის ენერგეტიკული მახასიათებელია ელექტრული ველის პოტენციალი.
- პოტენციალი სკალარული სიდიდეა.
- მუხტების ჯამური ელექტრული ველის პოტენციალი ცალკეული მუხტის პოტენციალების ალგებრული ჯამის ტოლია ველის მოცემულ წერტილში.
- ელექტრული ველის ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობას ძაბვას უწოდებენ.
- ერთნაირი პოტენციალის მქონე ზედაპირის, ეკვიპოტენციალური ზედაპირის გასწვრივ მუხტის გადაადგილებისას ველის მუშაობა ნულის ტოლია.
- ელექტრული ველის ძალწირები ეკვიპოტენციალური ზედაპირის მართობი წირებია.
- ყველა გამტარს აქვს უნარი დააგროვოს ელექტრული მუხტი.
- ელექტროტევადობა განსაზღვრავს გამტარის ან გამტარების მიერ ელექტრული მუხტის დაგროვების უნარს.
- ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა დამოკიდებულია ფირფიტების ფართობზე, ფირფიტებს შორის მანძილზე და ფირფიტებს შორის მოთავსებული დიელექტრიკის დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე.
- დამუხტული კონდენსატორის ფირფიტებს შორის არსებულ ელექტრულ ველს გააჩნია ენერგია და შეუძლია მუშაობის შესრულება.

- კონდენსატორების შეერთება შესაძლებელია პარალელურად, მიმდევრობით და შერეული წესით.
- კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას ფირფიტების საერთო ფართობი იზრდება და შესაბამისად კონდენსატორების ეკვივალენტური, საერთო ელექტროტევადობა იზრდება.
- კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებისას ფირფიტებს შორის მანძილი იზრდება და შესაბამისად კონდენსატორების ეკვივალენტური, საერთო ელექტროტევადობა მცირდება.

II თავის საკვანძო შეკითხვები

- რა არის ელემენტარული ნაწილაკი?
- რას უწოდებენ ელემენტარულ მუხტს?
- რას ნიშნავს სხეული დამუხტულია?
- როდის იმუხტება სხეული დადებითად ან უარყოფითად?
- რომელი ხელსაწყოებით ადგენენ სხეული დამუხტულია თუ არა?
- რას უწოდებენ ნერტილოვან მუხტს?
- ვინ და როგორ გაზომა მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა?
- შესაძლებელია, თუ არა ერთი სხეულის მეორეზე მოქმედება იყოს ცალმხრივი?
- როგორ არის დამოკიდებული მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა ნერტილოვანი მუხტების სიდიდესა და მათ შორის მანძილზე?
- რაში მდგომარეობს კულონის კანონი?
- რომელ სიდიდეებზეა დამოკიდებული სხეულების გრავიტაციული ურთიერთქმედების ძალა?
- რა ანალოგიაა გრავიტაციული და ელექტრული ძალების მახასიათებელ სიდიდეებს შორის?
- როგორ ხორციელდება ურთიერთქმედება დამუხტულ სხეულებს შორის შეხების გარეშე?
- რა არის ელექტრული ველი?
- რომელი ფიზიკური სიდიდით ხასიათდება ელექტრული ველი?
- რომელი ფორმულით გამოითვლება ელექტრული ველის დაძაბულობა?
- რატომ არის დაძაბულობა ველის ძალური მახასიათებელი?
- რომელი ფორმულით გამოითვლება ნერტილოვანი მუხტის დაძაბულობა ველის მოცემულ ნერტილში?
- რაში მდგომარეობს ელექტრული ველის დაძაბულობის სუპერპოზიციის პრინციპი?
- რას უწოდებენ ელექტრული ველის ძალწირებს?
- რატომ არ შეიძლება გადაიკვეთოს სივრცეში ელექტრული ველის ძალწირები?
- როგორ ველს უწოდებენ ერთგვაროვან ელექტრულ ველს?
- რატომ არა არის ნერტილოვანი მუხტის ველი ერთგვაროვანი?
- რა სახეობად იყოფა ნივთიერებები ელექტრული მუხტის გამტარობის მიხედვით?
- რა განსხვავებაა გამტარებსა და დიელექტრიკებს შორის?
- რა განსაკუთრებული თვისება აქვთ გამტარებს ელექტრულ ველში მოთავსებისას?
- რატომ იყენებენ გამტარებს ელექტრული ველის ეკრანირებისთვის?
- რა სახის დიელექტრიკები არსებობს?
- რა მსგავსი და განსხვავებული პროცესები მიმდინარეობს პოლარული და არაპოლარული დიელექტრიკის ელექტრულ ველში მოთავსებისას?
- რას ეწოდება ელექტრული დიპოლი?
- რას უწოდებენ პოლარიზაციას?
- რა არის დიელექტრიკული შეღწევადობა?
- რომელი ფორმულით გამოითვლება ერთგვაროვან ელექტრულ ველში მუხტის გადაადგილე-

ბისას შესრულებული მუშაობა?

- რა ანალოგიაა სიმძიმის ძალისა და ელექტრული ძალის მიერ შესრულებულ მუშაობებს შორის?
- რატომ უნოდებენ გრავიტაციულ და ელექტრულ ველებს პოტენციალურ ველებს?
- როგორ გამოითვლება მუხტებს შორის ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია?
- რას უნოდებენ ელექტრული ველის პოტენციალს?
- რატომ არის პოტენციალი ველის ენერგეტიკულ მახასიათებელი?
- როგორ გამოითვლება ელექტრული ველის ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობა (ძაბვა)?
- რას უნოდებენ ეკვიპოტენციალურ ზედაპირს?
- რას უდრის ელექტრული ველის მუშაობა მუხტის გადაადგილებისას ეკვიპოტენციალურ ზედაპირზე?
- რას უნოდებენ ელექტროტევადობას?
- რას განსაზღვრავს გამტარის ელექტროტევადობა?
- როგორი გამტარის ელექტროტევადობაა 1 ფარადი?
- რომელ ფიზიკურ სიდიდეზეა დამოკიდებული გამტარი სფეროს ელექტროტევადობა?
- რაზე არ არის დამოკიდებული გამტარი სფეროს ელექტროტევადობა?
- რა არის კონდენსატორი?
- რის მიხედვით ასხვავებენ კონდენსატორის ტიპებს?
- როგორ არის აგებული ჰაერიანი ცვლადი ტევადობის კონდენსატორი?
- რა ნაწილებისაგან შედგება ბრტყელი კონდენსატორი?
- რას უნოდებენ კონდენსატორის მუხტს?
- რაზეა დამოკიდებული ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობა?
- რატომ გააჩნია დამუხტულ კონდენსატორს ენერგია?
- რაზეა დამოკიდებული დამუხტული კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგია?
- რაზეა დამოკიდებული ელექტრული ველის ენერგიის სიმკვრივე?
- კონდენსატორების შეერთების რამდენი სახე არსებობს?
- როგორ იცვლება კონდენსატორების საერთო ტევადობა მიმდევრობით შეერთებისას?
- როგორ იცვლება კონდენსატორების საერთო ტევადობა პარალელური შეერთებისას?
- რისთვის გამოიყენება კონდენსატორები?
- სად გამოიყენება კონდენსატორები?

სარეკომენდაციო აქტივობები.

მოსწავლეებელი:

მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** რა კავშირია სხეულის მუხტსა და ელემენტარულ მუხტს შორის. **აანალიზებს** მუხტის შენახვის კანონს. მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** მუხტის **გაზომვის** ხერხებზე, მათთან ერთად **ადგენს** ელექტროსკოპის მოდელის დამზადების **გეგმას** და ამზადებს მოსწავლეებს კომპლექსური დავალების შესრულებისთვის.

აცნობს მოსწავლეებს მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნას, ატარებს მოსწავლეებთან ერთად ექსპერიმენტულ სამუშაოებს, **მსჯელობს** ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ. **აღწერს** მუხტებს შორის ელექტრულ ურთიერთქმედებას და მოსწავლეებთან ერთად **ადგენს ანალოგიას** ელექტრული ველისა და გრავიტაციული ველის მახასიათებლებს შორის.

მსჯელობს ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებული გამტარების შესახებ. **განიხილავს** მოსწავლეებთან ერთად გამტარების თვისებას, რომ მუხტები გროვდება გამტარის ზედაპირზე, შიგნით კი ველის დაძაბულობა ნულის ტოლია. ამზადებს მოსწავლეებს კომპლექსური დავალების შესასრულებლად.

მსჯელობს ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ, როგორც დიელექტრიკის ელექტრული თვისების მახასიათებელზე. **ატარებს ექსპერიმენტებს** მოსწავლეებთან ერთად და **მსჯელობს** ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ.

მოსწავლეებთან ერთად **ახასიათებს** მუხტებს შორის ურთიერთქმედების პოტენციალურ ენერგიას. მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** ელექტრულ ველში მუხტების ნონასწორობის პირობის შესახებ და **ხსნის პრობლემაზე დაფუძნებულ ამოცანებს**.

მსჯელობს გამტარების ელექტრულ ველში მოთავსებისას მათ თვისებებზე და ამზადებს მოსწავლეებს კომპლექსური დავალების შესრულებისთვის.

მსჯელობს გამტარი სხეულების თვისებაზე მუხტის დაგროვების უნარის შესახებ. აცნობს მოსწავლეებს კონდენსატორის აგებულებას, მოსწავლეებთან ერთად **გეგმავს** კონდენსატორის მოდელის დამზადებას, **აღწერს** მაგალითებს კონდენსატორში დაგროვილი ენერგიის გამოყენების შესახებ. **ექსპერიმენტების დაგეგმვისა** და **ჩატარებისას** მოსწავლეებთან ერთად მსჯელობს უსაფრთხოების პირობების შესახებ. **ამზადებს** მოსწავლეებს კომპლექსური დავალების შესრულებისთვის.

მოსწავლეებთან ერთად **განიხილავს** და **ახასიათებს** ნერტილოვანი მუხტის მოძრაობის შესაძლებლობას ერთგვაროვან ელექტრულ ველში და **მსჯელობს** პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადაჭრის შესახებ.

აცნობს მოსწავლეებს ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენებას ექსპერიმენტული კვლევების ჩატარების მიზნით, მოსწავლეებთან ერთად **ატარებს** პრეზენტაციებს და დისკუსიებს აღნიშნულ საკითხებთან დაკავშირებით.

შეფასების სქემა ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის

კრიტერიუმები	1-3	4-5	6-7	8-10
განსაზღვრავს კვლევის მიზანს	არასწორად განსაზღვრავს	ნაწილობრივ სწორად განსაზღვრავს	სწორად განსაზღვრავს	ზედმიწვევითა ზუსტად განსაზღვრავს
კვლევის მიმდინარეობის აღწერა	ვერ აღწერს მუშაობის თანმიმდევრობას	ნაწილობრივ ზუსტად აღწერს მიმდინარეობას	სწორად აღწერს კვლევის მიმდინარეობას	ზედმიწვევით ზუსტად აღწერს კვლევის მიმდინარეობას
მონაცემების შეგროვება, აღრიცხვა	ვერ აღრიცხავს სწორად მონაცემებს	აგროვებს და აღრიცხავს მონაცემებს ნაწილობრივ და უზუსტოდ	აგროვებს და აღრიცხავს მონაცემებს სრულად, მაგრამ უზუსტოდ (მაგ., ვერ ახერხებს ცხრილის შედგენას)	აგროვებს ან აღრიცხავს მონაცემებს სრულად, შეუძლია ცხრილის შედგენა
დასკვნის გამოტანა	არ შეუძლია სწორად დასკვნის გამოტანა	ნაწილობრივ სწორად გამოაქვს დასკვნები	გამოაქვს დასკვნები სწორად, მაგრამ მცირე ხარვეზებით	სრულყოფილად აყალიბებს დასკვნებს

შეფასების სქემა დისკუსიაში მონაწილეობისათვის

კრიტერიუმები	1-2	3-5	6-7	8-10
ურთიერთმოსმენისა და შინაარსის გააზრების უნარი	კამათობენ და არის ხმაური, არ იზიარებენ ერთმანეთის აზრს	ხმაურობენ, ნაკლებად იზიარებენ ერთმანეთის აზრს	უსმენენ ერთმანეთს, ერთგვებიან მსჯელობაში საჭირო დროს	უსმენენ ერთმანეთს. ლოგიკურად გამოთქვამენ თავიანთ აზრებს და ერთგვებიან მსჯელობაში საჭირო დროს
დროის ლიმიტის დაცვა	ვერ იცავენ დროის ლიმიტს	ზოგჯერ ვერ ეტევიან განსაზღვრულ დროში	იცავენ დროის ლიმიტს, ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა	ყოველთვის იცავენ დროის ლიმიტს

შეფასების სქემა საშინაო დავალებისათვის

კრიტერიუმები	1-2	3-5	6-7	8-10
წერითი საშინაო დავალება	შესრულებული აქვს მცირე ნაწილი	შესრულებული აქვს სამუშაოს ნახევარი	შესრულებული აქვს სრულად, მცირე ხარვეზებით	შესრულებული აქვს სრულად, ხარვეზების გარეშე
საშინაო დავალების შინაარსობრივი ნაწილი	ვერ პასუხობს უმრავლეს კითხვებზე	საშინაო დავალების შინაარსსა და აზრს ნაწილობრივ გადმოსცემს	ფლობს საშინაო დავალების შინაარსს და ამჟღავნებს შესაბამის უნარ-ჩვევებს	სრულყოფილად ფლობს საშინაო დავალების შინაარსს და წარმატებულად ამჟღავნებს შესაბამის უნარ-ჩვევებს
ინფორმაციის მოძიება	მოძიებული მასალა არ არის თემის შესაბამისი	მოძიებული მასალა ნაწილობრივ შეესაბამება თემას	მოძიებული მასალა შეესაბამება თემას, მაგრამ არ არის შესაბამისად ორგანიზებული	მოძიებული მასალა შეესაბამება თემას, კარგად არის ორგანიზებული და წარმოდგენილი

სამყაროში მიმდინარე მოვლენებისა და პროცესების შესწავლისას მეცნიერები ხშირად იყენებენ მოდელირების მეთოდს. მოდელირება არის სინამდვილის ასახვა ან მისი ხელახალი წარმოდგენა სხვადასხვა ხერხით. ფიზიკაში, ცნების – „ფიზიკის კანონის“ ასახვისთვის იყენებენ რეალური პროცესების ან სხეულების მიახლოებით მოდელს. მოდელის დამახასიათებელი თავისებურებაა შესასწავლ ობიექტზე წარმოდგენის გამარტივება. ამიტომ ყველა მოდელი არის ობიექტთან მიახლოებული ნიმუში, რომელიც მიღებულია მოდელირების საფუძველზე.

ზოგადად, მოდელირება განისაზღვრება, როგორც უშუალოდ შემეცნების მეთოდი. მოდელირებით შესასწავლ მოვლენაზე ინფორმაციის მისაღებად იკვლევენ ორიგინალის დამხმარე ობიექტს (მოდელს), რომელსაც აქვს გარკვეული შესაბამისობა შესასწავლ ობიექტთან (ორიგინალთან). იგი ცვლის ორიგინალს მისი კვლევის გარკვეულ ეტაპზე. ფიზიკაში მოდელის ქვეშ იგულისხმება მოვლენაზე წარმოდგენების გარკვეული სისტემისა და იდეების საფუძველზე შექმნილი ზოგადი სურათი. იგი აბსტრაქტული აზროვნებისა და მათემატიკური ენის დახმარებით გვეხმარება გავიგოთ და აღვწეროთ ის, რისი შესწავლაც ხდება მოცემულ კონკრეტულ მაგალითზე.

განვიხილოთ ზოგიერთი ფიზიკური მოდელი, რომელიც გამოიყენება სხეულთა ურთიერთკავშირისა და ბუნების მოვლენების შეცნობისთვის. მაგალითად, ნივთიერი წერტილი არის ფიზიკური სხეულის მოდელი. ნიუტონის კანონები სამართლიანია მხოლოდ ნივთიერი წერტილებისთვის; იდეალური აირი არის აირის ფიზიკური მოდელი. აირის კანონები, სამართლიანია იდეალური აირისთვის. აბსოლუტურად მყარი სხეული, უქიმავე ძაფი და სხვა ფიზიკური მოდელია.

ფიზიკაში მოდელირებისათვის გამოყოფენ შემდეგ ეტაპებს:

1. ამოცანის, დავალების გარკვევა, რომელსაც ადამიანი აყენებს ამა თუ იმ პროცესის, მოვლენის ან ობიექტის შესწავლისას მისი გამარტივების მიზნით.
2. საჭირო ელემენტების ან მათი ერთობლიობის მოძებნა, რომლებიც აკმაყოფილებენ მოდელს და გონებაში ქმნიან მოდელის ვარიანტებს.
3. მოდელის ვარიანტების გამოსახვა საგნობრივი ობიექტების სახით.
4. ფიზიკური მოდელის, რომელშიც ვლინდება ობიექტისთვის დამახასიათებელი თვისებები, ხელმეორედ აღქმა და გამოკვლევა.
5. მოდელში შესწორებების შეტანა ან მისი უარყოფა და მუშაობის დაწყება ახალ მოდელზე.

მოდელები აგებისა და საშუალებების მიხედვით შეიძლება დაიყოს ორ კლასად: **მატერიალური** (ნივთიერი) და **იდეალური** (აზრობრივი) მოდელებად. მატერიალური მოდელები ადამიანის მოქმედებისაგან დამოუკიდებლად არსებობენ და ასახავენ საკვლევი პროცესის, მოვლენის სტრუქტურას, მიმდინარეობის ხასიათს. მაგალითად, ელექტრული წრედის სქემები, რომლებიც ანალოგიურია სინამდვილეში არსებული წრედების, დედამიწის მოდელი, გლობუსი, მზის სისტემის მოდელი და სხვ.

მატერიალური მოდელისგან განსხვავებით იდეალური მოდელს არ აქვთ მატერიალური საფუძველი, ისინი კონსტრუირდებიან ადამიანის გონებაში. მათ აფიქსირებენ სურათების საშუალებით, გარკვეული სიმბოლოებით (ნიშნებით), მათემატიკური სიმბოლოებით ან უშუალოდ აღწერენ სიტყვებით. ასეთ მოდელზე მოქმედებები, მათი ელემენტების ურთიერთკავშირი ხორციელდება ადამიანის აზროვნებაში ფორმალურ-ლოგიკურად, ფიზიკის კანონებისა და წესების მიხედვით. მაგალითად, მოვლენები, რომლებიც მიმდინარეობს იდეალურ აირში, ატომსა და ატომის ბირთვში და სხვ.

პრინციპულად განსხვავდება მათემატიკური და ფიზიკური მოდელირების მეთოდები. მათემატიკური მოდელირებისას ყველაზე ზოგადი გამოხატულება არის მოდელისა და ორიგინალის ერთნაირობის მოთხოვნა, მათი იზოფორმიზმი. ასეთი მოდელის თეორიული საფუძველი არის ერთნაირობა, რომლის ერთ-ერთი ამოცანაა ობიექტისა და მოდელის მახასიათებელ პარამეტრებს შორის დამოკიდებულების დამყარება.

ფიზიკური მოდელირება, როგორც უკვე აღინიშნა, არ არის რომელიმე ობიექტის ან მოვლენის კოპირება. ეს არის გარკვეული აბსტრაქცია, რომელშიც მხედველობაში მიიღება საკვლევი ფიზი-

კური პრობლემის ან სისტემის ყველაზე მნიშვნელოვანი, დამახასიათებელი ნიშნები. ფიზიკური მოდელები საკმარისად კორექტულად აღწერენ სამყაროში მიმდინარე მოვლენებს, ისინი დინამიკურია, თანდათან იხვეწება და ვითარდება.

მოდელების როლი სამყაროს მეცნიერულ შემეცნებაში განსაკუთრებით დიდია. მათ საფუძველზე მეცნიერები მუშაობენ როგორც ობიექტების სისტემატიზაციაზე, ასევე მათ შორის ურთიერთქმედების ანალიზზე.

სამყაროს მეცნიერული შემეცნებისას მოდელების თეორია იძლევა საშუალებას მოიძებნოს გარკვეული წესრიგი და კანონზომიერება ბუნების მოვლენებში.

თავი 1. ფიზიკა და მათერიალური სამყარო

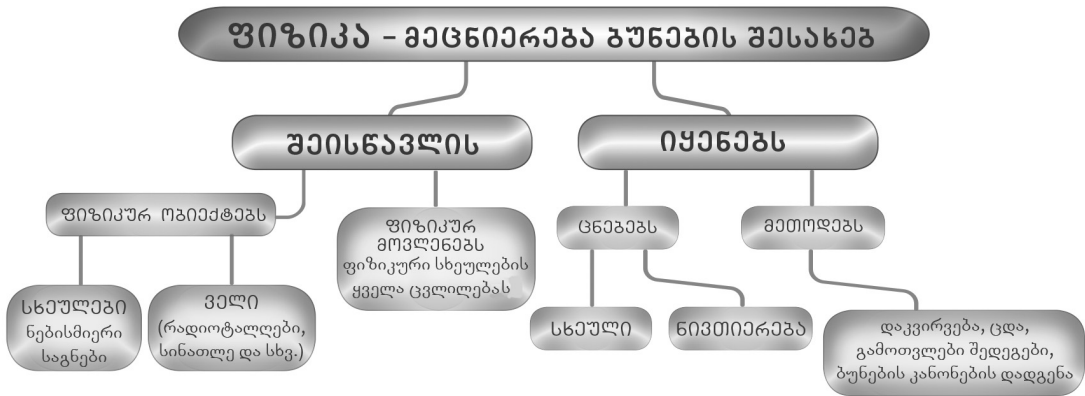
1.1. ფიზიკა, მეცნიერება ბუნების შესახებ

ცნებები: მატერია, ნივთიერება, ველი.

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** ყველაფერი, რაც სამყაროში რეალურად არსებობს, მატერიაა. მატერია არსებობს ნივთიერებისა და ველის სახით. მატერიალური სამყარო შეისწავლება სამი მიმართულებით: მიკროსამყარო, მაკროსამყარო, მეგასამყარო.

გაანალიზება:

1.



2.



¹ **შენიშვნა:** მოსწავლის წიგნში მოცემულ ექსპერიმენტულ დავალებებზე პასუხის დაწერისას შემოვიფარგლეთ მოვლენის აღწერისა და დასკვნების ჩვენი ვარიანტის წარმოდგენით. ტექსტი სარეკომენდაციოა და გულისხმობს, რომ მასწავლებლები თავიანთი შეხედულების მიხედვით მოსთხოვენ მოსწავლეებს ამ პუნქტების წერილობით გაფორმებას.

1.2. ფიზიკა და სხვა მენიერებები

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** ფიზიკა მეცნიერებაა ბუნების შესახებ. ფიზიკის შესწავლის ობიექტებია ნივთიერება, ველი, ურთიერთქმედებები და ფიზიკური პროცესები. ფიზიკის შესწავლა ეყრდნობა ცნებებს. ფიზიკის სამეტყველო ენაა მათემატიკა.

გააზრება:

1. – გ
2. – დ
3. – ვ
4. – ა
5. – ბ
6. – ე

1.3. ფიზიკა და ტექნიკის პროგრესი

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** ფიზიკა დაკავშირებულია საბუნებისმეტყველო და სხვა მეცნიერებებთან და პირიქით. ტექნიკის პროგრესი ეყრდნობა ფიზიკის მიღწევებს და პირიქით, ფიზიკის მიღწევებს განაპირობებს ტექნიკის განვითარება.

გააზრება:

ფიზიკის განვითარების ერთ-ერთი მაგალითია მსოფლიოში ყველაზე დიდი ლაბორატორიის – ცერნის შექმნა. ცერნში მიმდინარე სამუშაოებმა უზრუნველყო ახალი ტექნოლოგიების შექმნა. მაგ., ინტერნეტი: www/ სისტემა და სხვ.

კოსმოსში ფილმის გადაღებაზე <https://www.youtube.com/watch?v=CSBlrOOJLQs>

ჯეიმს ვები https://www.youtube.com/watch?v=fLugE_slzdc

1.4. ბუნების ძალები

ცნებები: ბუნების ძალები

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** მატერიალურ ობიექტებს შორის ურთიერთქმედება ოთხი სახისაა: გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ბირთვული, სუსტი.

გააზრება

1. ნიუტონის პირველი კანონი
2. ნიუტონის მეორე კანონი
3. ნიუტონის მესამე კანონი
4. მსოფლიო მიზიდულობის კანონი

ეს საინტერესოა

CERN-ში 2010 წელს ამოქმედდა დიდი ადრონული კოლაიდერი. კოლაიდერი – ესაა ამაჩქარებელი, რომელშიც ნაწილაკების ორი ერთმანეთის შემხვედრი ნაკადი ერთმანეთს ეჯახება. ესენია პროტონები (წყალბადის ბირთვები) ან ტყვიის იონები.

კოლაიდერი, რომელიც შვეიცარიისა და საფრანგეთის საზღვარზე მდებარეობს, განლაგებულია მიწის ქვეშ, დაახლოებით 100 მეტრის სიღრმეზე გვირაბში დამონტაჟებულია 1624 ზეგამტარი მაგნიტი, რომლებიც არეგულირებენ პროტონების კონების მოძრაობას და აფოკუსებენ მათ ადამიანის თმის ღერის ზომამდე. მაგნიტების სამუშაო ტემპერატურა ძალიან დაბალია (-271°C), ნაწილაკების მძლავრი ნაკადის ორბიტაზე შესანარჩუნებლად აუცილებელია ძალიან ძლიერი მაგნიტური ველის შექმნა. შედარებისთვის დედამიწის მაგნიტურ ველზე 100 000-ჯერ მეტი უნდა იყოს. მუშაობისთვის კოლაიდერს ესაჭიროება 180 მეგავატი ელექტროენერგია, რაც დაახლოებით მთელი თბილისის მოთხოვნილების ნახევარს შეესაბამება. მაგნიტებში ზეგამტარი მავთულების სიგრძე 10-ჯერ აჭარბებს დედამიწიდან მზემდე მანძილს.

მიღში, რომელშიც აჩქარებული პროტონები მოძრაობენ, მიღწეულია ვაკუუმის ძალზე მაღალი ხარისხი, რომელსაც მხოლოდ კოსმოსური თუ შეედრება. ნაწილაკები ეჯახება გვირაბის ოთხ წერტილში, სადაც განლაგებულია უზარმაზარი დეტექტორები: დანადგარის ზომები შეიძლება მრავალსართულიან სახლს შევადაროთ, ხოლო მათი წონა ათობით ათასი ტონაა. პროტონების შეჯახებების სიხშირე 800 მილიონს შეადგენს. აღსანიშნავია, რომ ესოდენ რთული პროექტის წარმატებით განხორციელება შესაძლებელი გახდა ასამდე ქვეყნის მეცნიერების, ინჟინერებისა და ტექნიკური პერსონალის შეწყობილი თანამშრომლობით. LHC-ის დანადგარების განხორციელებაში წვლილი მიუძღვით ქართველ ფიზიკოსებსაც, მათ შორისაა ნუგზარ მოსულიშვილი, ირაკლი მინაშვილი, ალექსი მესტვირიშვილი, გივი სენიანიძე. განუწყვეტელი მოქმედების შემდეგ, ATLAS-ისა და CMS-ის დანადგარებმა, რომელთა კონსტრუირებასა და დამონტაჟებაში მონაწილეობას ლებულობდნენ ქართველი ფიზიკოსებიც, მოიპოვეს იმდენივე სტატისტიკური მასალა, რაც წინა ორი წლის განმავლობაში დაგროვდა. გაერთიანებული მონაცემების დამუშავების შემდეგ, ორივე კოლაბორაციის მეცნიერებმა ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად აღმოაჩინეს ახალი ნაწილაკი, რომლის მასა დაახლოებით 126 გევ და რომელიც თავისი მახასიათებლებით აქამდე უხილავ ჰიგსის ბოზონს შეესაბამება.

ფართო საზოგადოებამ აღმოჩენის შესახებ 2012 წლის 4 ივლისს შეიტყო და დაგვირგვინდა მისი თეორიული წინასწარმეტყველი მეცნიერებისთვის ნობელის პრემიის მინიჭებით. კოლაიდერის შესაძლებლობათა ზრდა კიდევ მრავალ მოულოდნელობას უქადის მეცნიერებს უახლოესი 20 წლის განმავლობაში.

თავი 2. ელემენტროსტატიკა

2.1. ელემენტრული მუხტი

ცნებები: დაელექტროება, ელექტრული მუხტი. მუხტის დისკრეტულობა, მუხტების ადიტიურობა. ელემენტარული მუხტი, ელემენტარული ნაწილაკი.

$$\text{ფორმულა: } q = \pm ne, \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ.}$$

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** არსებობს ორგვარი ელექტრული მუხტი, დადებითი და უარყოფითი.

სხეულში ელექტრონების სიჭარბისას იგი იმუხტება უარყოფითად, ელექტრონების ნაკლებობისას – დადებითად. დაუმუხტავ სხეულში დადებითი და უარყოფითი მუხტების ერთნაირი რაოდენობაა. მუხტები იკრიბება ალგებრულად.

ელემენტარული მუხტი არის ის უმცირესი განუყოფელი მუხტი, რომელიც შეიძლება გააჩნდეს მატერიალურ სხეულს – ნაწილაკს. ელემენტარული მუხტის სიდიდეა $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ კ. ელემენტარულ მუხტად მიჩნეულია ელექტრონისა და პროტონის მუხტის სიდიდე. XX საუკუნეში (1976 წ.) აღმოჩენილია ნაწილაკები კვარკები, რომელთაც აქვთ ელექტრონის მუხტის წილადი მუხტი $\frac{e}{3} \left(+\frac{2e}{3}, -\frac{1e}{3} \right)$.

კვარკები თავისუფალ მდგომარეობაში არ არსებობს.

ელექტრონს აქვს უარყოფითი ელემენტარული მუხტი. პროტონს – დადებითი ელემენტარული მუხტი.

ელექტრული მუხტი დისკრეტულია $q = \pm ne$.

ელემენტარული ნაწილაკი – უმცირესი, განუყოფელი ნაწილაკი, რომელიც შეიძლება გარდაიქმნას სხვა ელემენტარულ ნაწილაკად.

გაანგარიშება:

1. (ა) ბურთულა დამუხტულია დადებითად, (ბ) ბურთულა დამუხტულია უარყოფითად ან, თუ ბურთულა ლითონისაა შეიძლება იყოს დაუმუხტავიც.
2. თუ $NP = Ne$ ატომი ნეიტრალურია, $NP > Ne$ – დადებითი იონია, $NP < Ne$ – უარყოფითი იონია.

საშინაო დავალება:

1. $\begin{aligned} n &= ? \\ q &= -3,2 \cdot 10^{-9} \text{ კ} \\ e &= -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ} \end{aligned}$	<p>ამოხსნა:</p> $q = ne$ $n = \frac{q}{e}$ $n = \frac{-3,2 \cdot 10^{-9} \text{ კ}}{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}} = 2 \cdot 10^{10}$ <p>ჭარბია $2 \cdot 10^{10}$ ელექტრონი.</p>
--	---

2. $\begin{aligned} q &= ? \\ n &= 6 \cdot 10^{10} \\ e &= -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ} \end{aligned}$	<p>ამოხსნა:</p> $q = n \cdot e$ $q = 6 \cdot 10^{10} \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}) =$ $= -9,6 \cdot 10^{-9} \text{ კ} = -9,6 \text{ ნკ}$
---	--

3. $n - ?$ $q = 8 \cdot 10^{-8} \text{კ}$ $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{კ}$	ამოხსნა: $n = \frac{q}{ e }$ $n = \frac{8 \cdot 10^{-8} \text{კ}}{ -1,6 \cdot 10^{-19} \text{კ} } = 5 \cdot 10^{11}$ მოაკლდა $5 \cdot 10^{11}$ ელექტრონი.
--	--

2.2. სხეულების დამუხტვის ექსპერიმენტული კვლევა

ექსპერიმენტის მიზანი:

სხეულების დამუხტვისას მათი ურთიერთქმედების კვლევა.

1. მოვლენის აღწერა: დაუმუხტავ სხეულებს (ბუშტსა და ალუმინის ქილას) შორის თვალისთვის შესამჩნევი ურთიერთქმედება არ არის. დამუხტული ბუშტი ალუმინის ქილასთან მიახლოებისას იზიდავს მას და ქილა მოძრაობს ბუშტის მიმართულებით.

დასკვნა: დაუმუხტავი სხეულები არ ურთიერთქმედებენ, დამუხტული სხეულები იზიდავენ ლითონის დაუმუხტავ სხეულებს.

2. მოვლენის აღწერა: პლასტმასის სახაზავი მივუახლოვე ქალაღდის ნაკუნებს. დავაკვირდი, რომ მათ შორის ურთიერთქმედება არ არის. შემდეგ პლასტმასის სახაზავი რამდენჯერმე დავარტყი მაგიდის ზედაპირზე და მივუახლოვე ისინი ქალაღდის ნაკუნებს. სახაზავმა ქალაღდის ნაკუნები მიიზიდა.

დასკვნა: სახაზავი დარტყმის შედეგად დაიმუხტა, რაც დასტურდება მის მიერ ქალაღდის ნაკუნების მიზიდვით.

3. მოვლენის აღწერა: ორგანული მინის ფირფიტაზე ქალაღდის ხახუნის შედეგად მან მიიზიდა მსუბუქი ფიგურები და შემდეგ განიზიდა.

დასკვნა: ორგანული მინის ფირფიტა ქალაღდზე ხახუნით იმუხტება. დამუხტული ფირფიტა მიიზიდავს მის ქვემოთ მოთავსებულ მსუბუქ სხეულებს. მსუბუქი სხეულები ორგანულ მინისკენ მიიზიდება, მასთან შეხებისას ნეიტრალდება და იმუხტება იმავე მუხტით, რომლითაც ორგანული მინა იყო დამუხტული. ამიტომ ისინი მინისგან განიზიდებიან და სიმძიმის ძალით ვარდებიან. შემდეგ პროცესი კვლავ მეორდება.

4. მოვლენების აღწერა: დაუმუხტავი ბუშტები ერთმანეთთან არ ურთიერთქმედებენ. შალის ქსოვილზე ხახუნით დამუხტული ბუშტები ერთმანეთს განიზიდავენ.

დასკვნა: შალზე ხახუნის შედეგად ორი ერთნაირი ბუშტი ერთი და იმავე მუხტით დაიმუხტა. ბუშტები ერთმანეთს განიზიდავენ იმიტომ, რომ ისინი ერთნაირი ნიშნის მუხტით არიან დამუხტული.

5. მოვლენის აღწერა: ლითონის ბურთულებს შორის მანძილის შერჩევის შემდეგ დავმუხტეთ ელექტროფორული მანქანა. დამუხტვისას ბურთულებს შორის ნაპერწკალი წარმოიქმნება, რომელიც მოგვაგონებს ელვის მოვლენას ბუნებაში.

დასკვნა: ელექტროფორული მანქანის სახელურის ტრიალის შედეგად ბურთულები იმუხტებიან. ბურთულებზე მუხტის გარკვეული რაოდენობის დაგროვების შემდეგ მათ შორის ნაპერწკალი გაივლის. რაც უფრო მეტად იმუხტება ბურთულები, მათ შორის გავლილი ნაპერწკალის ინტენსივობა იზრდება.

საშინაო დავალება:

ექსპერიმენტული დავალება

1. მოვლენის აღწერა: დაუმუხტავი ბუშტის წყლის წვრილ ნაკადთან მიახლოებისას ურთიერთქმედებას არა აქვს ადგილი. დამუხტული ბუშტის წყლის წვრილ ნაკადთან მიახლოებისას ნაკადი ბუშტისკენ გადაიხარა.

დასკვნა: დამუხტული ბუშტის წყლის ნაკადთან მიახლოებამ გამოიწვია წყლის ნაკადის გავლენით დამუხტვა, რის შედეგადაც ბუშტმა და წყლის ნაკადმა ერთმანეთი მიიზიდეს.

2. მოვლენის აღწერა: სახელმძღვანელოში მოცემული მითითების მიხედვით მზადდება სულთანები.

დასკვნა: ერთნაირი ნიშნით დამუხტული სულთანები ერთმანეთს განიზიდავენ. თუ სულთანებს სხვადასხვა ნიშნის მუხტით დავმუხტავთ, ისინი იზიდავენ ერთმანეთს (ერთ-ერთი სულთანი დამუხტულია აბრეშუმზე გახახუნებული მინის წკირით, მეორე – შალზე გახახუნებული ებონიტის ღეროთი).

2.3. სხეულების დამუხტვა. მუხტის მუდმივობის კანონი

ცნებები: ხახუნით დამუხტვა, დარტყმით დამუხტვა, შეხებით დამუხტვა, ელექტროსტატიკური ინდუქცია (გავლენით დამუხტვა), ელექტროსტატიკა.

კანონები: მუხტის მუდმივობის კანონი

ფორმულა: $q_1 + q_2 + q_n = const$, $q'_n = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{n}$, თუ სხეულები ერთნაირია.

შენიშვნა: ელექტრული მუხტის შენახვის კანონი სრულდება ყოველთვის, როცა მუხტების მოცემული სისტემა ჩაკეტილ სისტემას წარმოადგენს. ელემენტარული ნაწილაკების გაჩენისას ისინი წყვილ-წყვილად იბადებიან ურთიერთსაპირისპირო ნიშნის მუხტით, გაქრობისას ქრებიან წყვილ-წყვილად (**ანიჰილირებენ**) ისე, რომ საერთო მუხტი სისტემაში უცვლელი რჩება. ხახუნით სხეულების დაელექტროების პროცესში მონაწილეობს ნივთიერების შემადგენელი ატომების ძალიან მცირე რაოდენობა, რომლებიც სხეულის ზედაპირზე არიან განთავსებული. მთელი სხეულის თუნდაც მემილიონედი ელექტრონების სხვა სხეულზე გადატანა, წარმოუდგენლად დიდი (დამანგრეველი!) სიდიდის ელექტრული ძალების აღძვრას გამოიწვევდა, რომელიც სხეულს ნაწილებად დაშლიდა.

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** სხეულების დამუხტვის ხერხებია: დამუხტვა ხახუნით (ტრიბოელექტრობა), შეხებით, დარტყმით, გავლენით, დასხივებით, ქიმიური მოქმედებით, მექანიკური მოქმედებით – გაჭიმვა, შეკუმშვა და სხვ.

სხეულში თავისუფალი მუხტების გადანაწილების პროცესს ელექტროსტატიკურ ინდუქციას უწოდებენ.

ჩაკეტილ სისტემაში შემავალი სხეულების (ნაწილაკების) ელექტრული მუხტების ჯამი მუდმივი სიდიდეა.

გააზრება:

1. ა) სფერო დაიმუხტება „+“ ნიშნით, ვინაიდან იმუხტება შეხებით.

ბ) სფერო ღეროს მხარეს დაიმუხტება „-“ ნიშნით, მოპირდაპირე მხარეს „+“ ნიშნით, ვინაიდან იმუხტება გავლენით და ადგილი აქვს ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენას.

2. ვინაიდან გამტარზე სინათლის მოქმედების შედეგად ელექტრონები ამოიფრქვევა, გამტარში გაჩნდება ელექტრონების ნაკლებობა. ამიტომ ფირფიტა დაიმუხტება დადებითად.

3. მუხტის შეხებისას მათი ჯამი იქნება $q - 3q = -2q$.

დაშორებისას, მუხტის შენახვის კანონის თანახმად, მათი ჯამი ისევ $-2q$ ტოლი უნდა იყოს. ამიტომ თითოეულის მუხტი იქნება $\frac{-2q}{2} = -q$, რადგან ბურთულები ერთნაირია.

<p>4. $q_1', q_2' - ?$</p> <p>$q_1 = -18 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$</p> <p>$q_2 = +10 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>$q_1' = q_2'$ მუხტის მუდმივობის კანონის თანახმად $q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$</p> <p>$q = q_1 + q_2 = -18 \cdot 10^{-6} \text{ კ} + 10 \cdot 10^{-6} \text{ კ} = -8 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$</p> <p>$q_1' = q_2' = \frac{q}{2} = \frac{-8 \cdot 10^{-6} \text{ კ}}{2} = -4 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$</p>
---	---

საშინაო ღვაწლი:

1. ლითონის ფირფიტამ დაკარგა 4 ელექტრონი, მისი მუხტი გაიზრდებოდა დადებითი $4e$ -ით. რადგან მას ჰქონდა დადებითი $2e$ მუხტი. ამიტომ მისი მუხტი იქნება $4e + 2e = +6e$.

2. ბურთულებთან დადებითად დამუხტული ღეროს მიახლოებისას, ღეროს მახლობლად გავლენით აღიძვრება სანინალმდეგო ნიშნის ე.ი. უარყოფითი მუხტი, ხოლო მოშორებით – დადებითი, რადგან სფეროები უშუალოდ ეხება ერთმანეთს, ამიტომ A სფეროზე აღიძვრება უარყოფითი, B კი დადებითი მუხტი. ბურთულების დაშორებისას და ღეროს მოშორებით A სფერო დარჩება უარყოფითად და B სფერო დადებითად დამუხტული.

3. დადებითად დამუხტული ბურთულის ისეთივე უარყოფითად დამუხტულ ბურთულასთან შეხებისას, მუხტების შენახვის კანონის თანახმად, მუხტების ჯამი 0-ის ტოლი გახდება, ე.ი. ბურთულები განიმუხტებიან. უმუხტო (ა) ბურთულის $+q$ მუხტიან (გ) ბურთულასთან შეხებით მათი ჯამური მუხტი იქნება $+q$. დაშორების შემდეგ მუხტის შენახვის კანონის თანახმად, თითოეულ ბურთულაზე იქნება მუხტი $q = \frac{0 + q}{2} = \frac{q}{2}$.

მილიკენის ცდა – საგაკვეთილო თემა არ არის, მაგრამ მისი გაცნობა სასურველია ისტორიული და შემეცნებითი მნიშვნელობით. მოსწავლეები გაიგებენ, როგორ მივიდნენ მეცნიერები დასკვნამდე, რომ მუხტი დისკრეტული ფიზიკური სიდიდეა და სხეულმა შეიძლება შეიძინოს ან დაკარგოს e -ს ჯერადი მუხტის რაოდენობა. ამასთან დაკავშირებით რეკომენდებულია და სასურველი მოიძიონ ინფორმაცია ელექტრონის მუხტის გაზომვის შესახებ და წარმოადგინონ კლასში პრეზენტაციის სახით.

ახლოქმედებისა და შორსქმედების (მანძილზე ქმედების) თეორიები

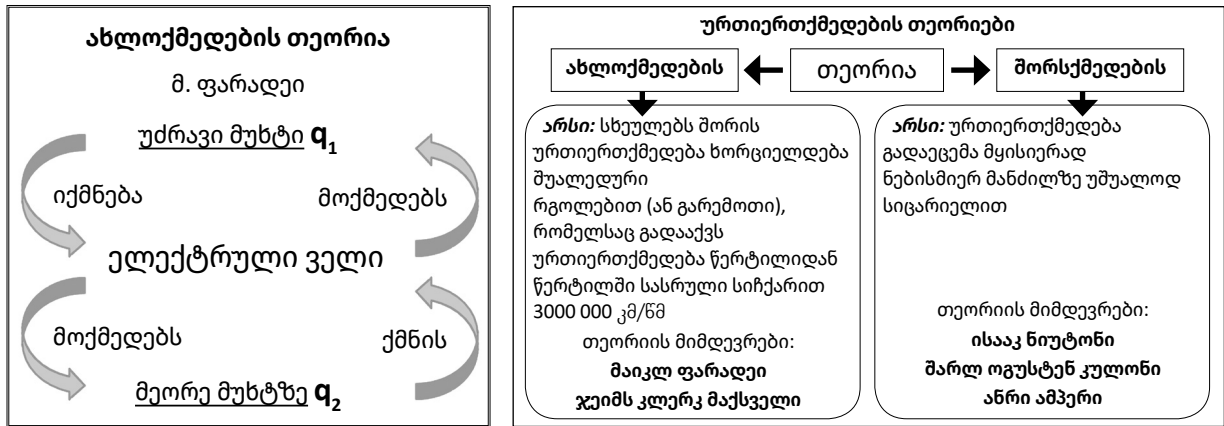
შორსქმედების თეორიის თანახმად, ყოველგვარი ურთიერთქმედება ხორციელდება პირდაპირ, მყისიერად უშუალოდ სიცარიელეში. ეს ურთიერთქმედება ორივე სხეულის მხრიდან შეიძლება მოხდეს მყისიერად, ნებისმიერ მანძილზე მათ შორის. ურთიერთქმედება ხორციელდება უსასრულოდ დიდი სიჩქარით. ამის მაგალითად ითვლებოდა ნიუტონის მიერ აღმოჩენილი მსოფლიო მიზიდულობის (გრავიტაციული) ძალა და კულონური ძალა (დამუხტულ სხეულებს შორის ურთიერთქმედების ძალა) ნიუტონი, კულონი და მათ შორის ამჟამინდელი ურთიერთქმედებას ხსნიდნენ შორსქმედების თეორიით.

ახლოქმედების თეორიის თანახმად, ყოველგვარი ურთიერთქმედება ხორციელდება რაიმე შუალედური რგოლის (ანუ ურთიერთქმედების გადამცემის) საშუალებით. ეს ურთიერთქმედება გადაეცემა რაღაც სასრული სიჩქარით.

ახლოქმედების თეორიით შუალედური რგოლი, რომლითაც ხორციელდება დამუხტულ სხეულებს შორის ურთიერთქმედება, არის ელექტრული ველი, რომელიც ვრცელდება სინათლის სიჩქარით $300\,000 \text{ კმ/წმ}$. გამოთქმა, „პლანეტები მზესთან უხილავი ბაგირებით არის დაკავშირებული“ ახლოქმედების აღნიშვნის მაჩვენებელია და ნიშნავს გრავიტაციულ ველს.

თანამედროვე ფიზიკაში ამ ტერმინებით სარგებლობენ სხვა აზრით, შორსქმედების ველებს უწოდებენ გრავიტაციულ და ელექტრომაგნიტურ ურთიერთქმედებას კლასიკურ საზღვრებში შებრუ-

ნებული კვადრატების კანონის სახელწოდებით, ხოლო ახლოქმედებად მიიჩნევენ სუსტ და ძლიერ ურთიერთქმედებას, რომელიც მანძილის მიხედვით ძალიან სწრაფად მცირდება და იგი ვლინდება ელემენტარულ ნაწილაკებს შორის ძალიან მცირე (~ 10^{-15} მ ÷ 10^{-18} მ) მანძილებზე.



2.4. ელექტრონული ველი

ცნებები: ელექტრული ველი, ელექტროსტატიკური ველი, ახლოქმედების თეორია, შორსქმედების თეორია.

ხელსაწყოები: ელექტროსკოპი, ელექტრომეტრი.

► **მკვიდრი ნარმოდგენები.** ელექტრული ველი არის მატერიის ფორმა. ელექტრული ურთიერთქმედება ხორციელდება ელექტრული ველის საშუალებით.

ელექტრული ველი სინათლის სიჩქარით $3 \cdot 10^8$ მ/წმ ვრცელდება.

ელექტროსტატიკური ველი უძრავი ელექტრული მუხტების მიერ შექმნილი ველია. ელექტრული ველი ვრცელდება როგორც უშუალოდ სივრცეში (ვაკუუმში), ისე სხვადასხვა გარემოში.

ელექტროსკოპი და ელექტრომეტრი მუხტების პირობითი რაოდენობის დამდგენი ხელსაწყოებია.

გაანხილეთ:

1. ა) ელექტროსკოპის ბურთულასთან დამუხტული სხეულის შეხებისას ელექტროსკოპის ფურცლები ღერძის საშუალებით იმუხტება. ორივე ფურცელს ერთნაირი ნიშნის მუხტი გადაეცემა. ამიტომ ფურცლები ერთმანეთს განიზიდავენ.

ბ) ელექტროსკოპის ბურთულის რამდენჯერმე ერთნაირი ნიშნის მუხტით დამუხტვისას ფურცლებზე გადაცემული მუხტების რაოდენობა იკრიბება, მუხტი იზრდება. რაც უფრო მეტი მუხტი გადაეცემა ფურცლებს, მით უფრო მეტად განიზიდავენ ისინი ერთმანეთს. შეიძლება დავასკვნათ, რომ ფურცლებს შორის ურთიერთქმედების ძალა პროპორციულია ფურცლებზე არსებული მუხტის სიდიდისა.

გ) ელექტროსკოპის ბურთულაზე მუხტების გადაცემით ელექტროსკოპის ფურცლები იმუხტება და მათ აქვთ უნარი შეინარჩუნონ მუხტი გარკვეული დროის განმავლობაში, ამიტომ შესაძლებელია მუხტების დაგროვება.

2. ა) ფოლგის მასრასთან დამუხტული ღეროს მიახლოებისას მის სიახლოვეს მასრაზე ელექტროსტატიკური ინდუქციის გამო დაგროვდება დადებითი მუხტები და უარყოფითად დამუხტული ღერო მიიზიდავს მასრას.

ბ) მასრა უარყოფითად დამუხტულ ლეროსთან შეხებისას უარყოფითი ნიშნის მუხტით დაიმუხტება, ამიტომ მასრისგან განიზიდება.

3. დადებითად დამუხტული წვეთი სიმძიმის ძალის გავლენით ვარდება. K ფირფიტაზე დადებითი ნიშნის მუხტის არსებობისას ვარდნილი წვეთი მისგან განიზიდება. სიმძიმის ძალისა და ელექტრული ძალის ტოლობისას მუხტი ფირფიტებს შორის სივრცის რომელიმე წერტილში, წონასწორობის მდგომარეობაში იქნება. აქედან გამომდინარე K ფირფიტა დადებითადაა დამუხტული.

4. რადგან ელექტროსკოპის ლეროზე წარმოიქმნა „-“ ნიშნის მუხტები, ელექტროსკოპის ბურთულასთან დამუხტული ლეროს მიახლოებით, ლერო ყოფილა „+“ ნიშნით დამუხტული. ელექტროსკოპის ბურთულასა და ლეროზე მუხტები ელექტროსტატიკური ინდუქციის შედეგად გადანაწილდება ისე, რომ ლეროსთან ახლოს იქნება „-“ მუხტი, ხოლო შორს, ფირფიტებზე აღიძვრება „+“ მუხტი.

საშინაო დავალება:

<p>1. $\Delta m_1 q - ?$ $q_1 = 10 e$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$ $n = 4$ $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ კგ}$</p>	<p>თუ ფირფიტის მუხტია $10e$ და დაკარგა 4 ელექტრონი, მისი დადებითი მუხტი $4e$-თი გაიზრდება. ე.ი. მუხტი იქნება $q = 14e$. ელექტრონების დაკარგვით მისი მასა შემცირდება დაკარგული ელექტრონების მასის ჯერადად.</p> <p>$\Delta m = 4m_e = 4 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ კგ} = 4 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ კგ} =$ $= 36,4 \cdot 10^{-31} \text{ კგ}$</p>
---	---

<p>2. $q - ?$ $q_1 = -3e$ $n = 6 \text{ ელექტრონი}$</p>	<p>ამოხსნა: $q = -3e + 6e = + 3e$ მტვრის ნაწილაკის $q = 3e$</p>
--	---

2.5. დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების ექსპერიმენტული კვლევა

ექსპერიმენტის მიზანი: დამუხტული სხეულების მუხტის ნიშნების დადგენა.

1. მოვლენის აღწერა. ვიცით, რომ მინის ლერო აბრეშუმზე ხახუნით იმუხტება პირობითად დადებითი ნიშნის მუხტით.

ელექტრომეტრის ბურთულაზე დამუხტული მინის ლეროს შეხებით ელექტრომეტრის ისარი გადაიხარა. ელექტრომეტრი დაიმუხტა დადებითად.

თეორიიდან ვიცით, რომ ებონიტის ლერო შალზე ხახუნით პირობითად იმუხტება უარყოფითად. ელექტრომეტრის ბურთულაზე უარყოფითად დამუხტული ებონიტის ლეროს შეხების შედეგად დადებითად დამუხტული ელექტრომეტრის ისრის გადახრის კუთხე შემცირდა.

დასკვნა: ელექტრომეტრის განმუხტვით დასტურდება, რომ მინის ლერო აბრეშუმზე ხახუნით და ებონიტის ლერო შალზე ხახუნით სხვადასხვა ნიშნით იმუხტება, დადებითი და უარყოფითი მუხტების ჯამი ნულის ტოლია, თუ მუხტების სიდიდე ერთმანეთის ტოლია, ამიტომ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მინის ლერო და ებონიტის ლერო სხვადასხვა ნიშნის მუხტით დაიმუხტა. რაც თეორიიდან ცნობილ ფაქტს ადასტურებს პირობითი უარყოფითი და დადებითი მუხტის არსებობის შესახებ.

2. მოვლენის აღწერა: დადებითად დამუხტული მინის ლეროს I ელექტრომეტრთან შეხებით, მისი ისარი გადაიხარა, ელექტრომეტრი დაიმუხტა დადებითად.

უარყოფითად დამუხტული ებონიტის ლეროს II ელექტრომეტრთან შეხებით, მისი ისარი გადაიხარა, ე.ი. ელექტრომეტრი დაიმუხტა უარყოფითად.

ქალაქდზე გახახუნებული პლასტმასის სახაზავის I ელექტრომეტრთან შეხებით ელექტრომეტრის ისარი დაეშვა. იგივენაირად დამუხტული პლასტმასის სახაზავის II ელექტრომეტრთან შეხების შედეგად ელექტრომეტრის ისარი კიდევ უფრო მეტად გადაიხარა.

დასკვნა. ექსპერიმენტის შედეგის მიხედვით პლასტმასის სახაზავი ქალაქდზე ხახუნის შედეგად უარყოფითად იმუხტება, რადგან უარყოფითად დამუხტული ელექტრომეტრთან შეხებისას მის ისარზე მუხტის რაოდენობამ მოიმატა და ისარი კიდევ უფრო დიდი კუთხით გადაიხარა. დადებითად დამუხტულ ელექტრომეტრთან შეხებისას კი მისი მუხტი განეიტრალდა და ისარი დაეშვა.

3. მოვლენის აღწერა: მინის ლერო ქალაქდის ფურცელზე ხახუნით დაიმუხტა. I ელექტრომეტრთან ლეროს შეხებისას მისი ისარი გადაიხარა. I ელექტრომეტრის II დაუმუხტავ ელექტრომეტრთან, იზოლაციური გამტარი ლეროთი შეერთების შედეგად II ელექტრომეტრიც დაიმუხტა და ისარი გადაიხარა, მაგრამ შეიმჩნევა, რომ გადახრის კუთხე I ელექტრომეტრზე შემცირდა და ზუსტად მისი ტოლი კუთხით გადაიხარა II ელექტრომეტრის ისარი. შემაერთებელი ლეროს მოშორებისა და II ელექტრომეტრის ხელით განმუხტვის შემდეგ კვლავ შევართეთ I ელექტრომეტრი გამტარი ლეროთი II ელექტრომეტრთან, II ელექტრომეტრი კვლავ დაიმუხტება, მაგრამ შეიმჩნევა, რომ I ელექტრომეტრზე მუხტი ორჯერ შემცირდა და I და II ელექტრომეტრის ისრები ერთნაირად გადაიხარა. ცდის რამდენჯერმე გამეორებით მუხტის რაოდენობა ყოველ ჯერზე ორჯერ კლებულობს და ელექტრომეტრის ისრის გადახრის კუთხე ერთნაირად მცირდება.

დასკვნა: ექსპერიმენტის შედეგის მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მუხტი ყოველი ცდის შემდეგ 2-ჯერ მცირდება, რითაც დასტურდება მუხტის დისკრეტულობა.

4. მოვლენის აღწერა: დაუმუხტავი I და II ელექტრომეტრი შევართეთ გამტარი ლეროთი იზოლაციური სახელურის საშუალებით. ელექტრომეტრების ისარი არ არის გადახრილი, ანუ მათი სანყისი მუხტი 0-ის ტოლია, გამტარით შეერთებული ელექტრომეტრებიდან I ელექტრომეტრს მივუახლოეთ დადებითად დამუხტული მინის ლერო. ელექტროსტატიკური ინდუქციით I და II ელექტრომეტრი დაიმუხტა. ისრების გადახრის კუთხე ტოლია. მოვაშორეთ ერთდროულად შემა-

ერთბელის გამტარი და დამუხტული მინის ლერო, ელექტრომეტრები დარჩა დამუხტული. ელექტროსტატიკური ინდუქციის თანახმად, I ელექტრომეტრი დაიმუხტა უარყოფითად, II ელექტრომეტრი დაიმუხტა დადებითად.

ხელმეორედ შევაერთეთ ელექტრომეტრები გამტარი ლეროთი. I და II ელექტრომეტრების ისრები დაეშვა, ე.ი. მათზე მუხტი გახდა 0-ის ტოლი.

დასკვნა. ექსპერიმენტის შედეგების მიხედვით, დამუხტვამდე ელექტრომეტრების მუხტების ჯამი იყო ნულის ტოლი. ელექტრომეტრების ტოლი და საპირისპირო ნიშნის მუხტებით დამუხტვის შემდეგ მათი მუხტების ჯამი კვლავ 0-ის ტოლია.

შენიშვნა: პირველი ელექტროსკოპი XVII საუკუნეში დაამზადეს. იგი ინგლისელმა ფიზიკოსმა უილიამ გილბერტმა გამოიგონა. ელექტროსკოპის გამოგონებამ უდიდესი როლი ითამაშა ელექტრობის შესწავლის პირველ ეტაპზე. ამჟამად ელექტროსკოპის მუშაობის პრინციპს იყენებენ ინდივიდუალურ დოზიმეტრებში რადიაციის დონის დასადგენად მუხტის სიდიდის გაზომვისათვის.

2.6. კულონის კანონი

ცნებები: კულონური ძალა, ნერტილოვანი მუხტი, ცენტრული ძალა.

კანონი: კულონის კანონი.

ფორმულა: $F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** უძრავ ნერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის მოდული ვაკუუმში ტოლია $F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$, სადაც q_1 და q_2 მუხტებია, r – მათ შორის მანძილი.

SI სისტემაში პროპორციულობის კოეფიციენტია $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{ნმ^2}{კ^2}$, ϵ_0 – ელექტრული მუდმივაა $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{კ^2}{ნმ^2}$. კულონური ძალა შეიძლება იყოს მიზიდვის და განზიდვის.

შენიშვნა: ელექტრული მუდმივა ϵ_0 – ძველი ტერმინოლოგიით – ვაკუუმის დიელექტრიკული შეღწევადობაა. ფიზიკური მუდმივაა, რომელიც ელექტრობის კანონების ფორმულებში შედის. ϵ_0 დამოკიდებულია ერთეულთა სისტემის არჩევაზე.

გაანალიზება:

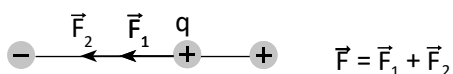
1. სურათის მიხედვით მუხტების წყვილები ერთმანეთზე მოქმედებს მოდულით ტოლი და სანი-ნაალმდეგოდ მიმართული ძალებით. ამგვარად, ნიუტონის მესამე კანონი სამართლიანია როგორც გრავიტაციული, ასევე კულონური ძალისთვის.

2. $F = \frac{k|q||q|}{r^2}$; ა) $q_1 = q_2 = 2q$; ბ) $q_1 = q_2 = \frac{q}{2}$.

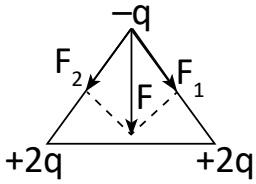
ა) $F_1 = \frac{k(2q)^2}{r^2} = \frac{4kq^2}{r^2}$ ძალა 4-ჯერ გაიზრდება.

ბ) $F_2 = \frac{k\left(\frac{q}{2}\right)^2}{r^2} = \frac{kq^2}{4r^2}$ ძალა 9-ჯერ შემცირდება.

3. დადებითი მუხტები ერთმანეთს განიზიდავენ. უარყოფითი მუხტი დადებითს იზიდავს, ამიტომ q მუხტზე მოქმედი ტოლქმედი ძალა მიმართული იქნება — მუხტისკენ. **პასუხია 1.**



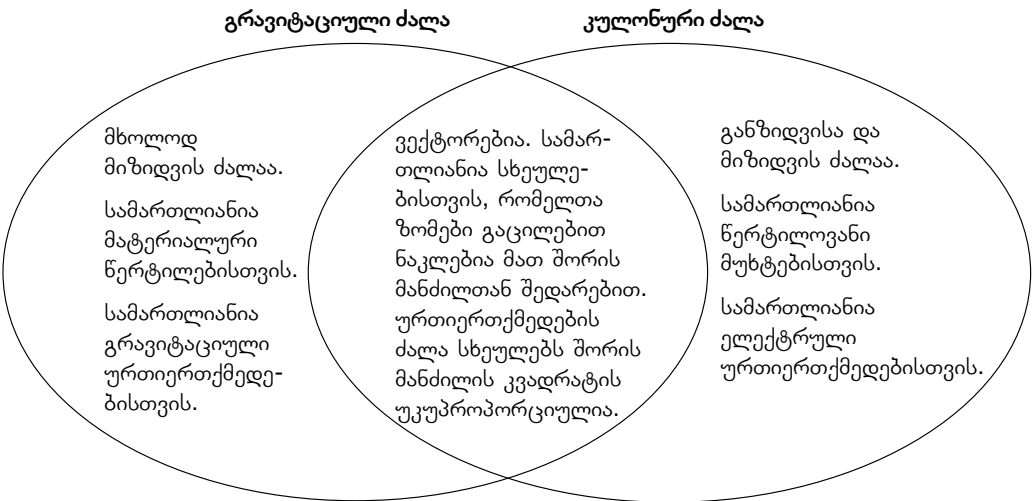
4. $-q$ მუხტზე $+2q$ მუხტების მხრიდან ურთიერთქმედების ძალებია \vec{F}_1 და \vec{F}_2 . მათი ტოლქმედი ძალა იქნება \vec{F}_1 და \vec{F}_2 ძალებზე აგებული პარალელოგრამის დიაგონალი \vec{F} ძალა. **პასუხია 2.**



საშინაო დავალება:

სავარაუდო პასუხია:

1.



2. $F = ?$

$r = 0,3 \text{ მ}$

$q_1 = q_2 = q = 9 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$

$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ნმ}^2}{\text{კ}^2}$

ამოხსნა:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$F = \frac{kq^2}{r^2} = 81 \cdot 10^{-7} \text{ ნ}$$

3. $\frac{F_1}{F_2} = ?$

$q_1 = q$

$q_2 = -5q$

$r_1 = r_2 = r$

ამოხსნა:

$$F_1 = \frac{k|q||-5q|}{r^2} = \frac{5kq^2}{r^2} \text{ შეხებამდე}$$

$$q' = \frac{q - 5q}{2} = \frac{-4q}{2} = -2q$$

$$F_2 = \frac{k|q'|^2}{r^2} \text{ შეხების შემდეგ}$$

$$F_2 = \frac{k4q^2}{r^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{5}{4} = 1,25$$

2.7. ამოცანების ამოხსნა

1. ა) თითოეულის მუხტი გაიზარდა ორჯერ, მანძილი შემცირდა ორჯერ.

$$F_1 = \frac{kq^2}{r^2}; \quad F_2 = \frac{k2q2q}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = \frac{16kq^2}{r^2} = 16 F_1 \quad 16\text{-ჯერ გაიზარდება.}$$

ბ) თითოეული მუხტი შემცირდა ორჯერ, მანძილი გაიზარდა ორჯერ.

$$F_3 = \frac{kq/2 \cdot q/2}{(2r)^2} = \frac{kq^2}{16r^2} \quad 16\text{-ჯერ შემცირდება.}$$

<p>2. $r - ?$</p> <p>$q_1 = q = 1 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$</p> <p>$q_2 = -4q$</p> <p>$F = 160 \text{ მკვ} = 160 \cdot 10^{-6} \text{ ნ}$</p> <p>$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{მ}^2}{\text{კ}^2}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> $F = \frac{k q_1 q_2 }{r^2}$ $r^2 = \frac{kq \cdot 4q}{F}$ $r = \sqrt{\frac{kq \cdot 4q}{F}} = 2q \sqrt{\frac{k}{F}} = 1,5 \text{ სმ}$
---	---

<p>3. $q - ?$</p> <p>$\epsilon = 1$</p> <p>$r = 30 \text{ სმ} = 0,3 \text{ მ}$</p> <p>$F = 5 \text{ ნ}$</p> <p>$q_1 = q_2 = q$</p> <p>$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{მ}^2}{\text{კ}^2}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> $F = \frac{kq^2}{r^2}; \quad q^2 = \frac{Fr^2}{k}$ $q = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 7 \cdot 10^{-6} \text{ კ} = 7 \text{ მკვ}$
--	---

<p>4. $\frac{F_d}{F} - ?$</p> <p>$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$</p> <p>$p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$</p> <p>$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ კგ}$</p> <p>$m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ კგ}$</p> <p>$6 = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{მ}^2}{\text{კგ}^2}$</p> <p>$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{მ}^2}{\text{კ}^2}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> $F_d = \frac{k e p }{r^2}$ $F = \frac{Gm_e m_p}{r^2}$ $\frac{F_d}{F} = \frac{k e p \cdot r^2}{r^2 \cdot Gm_e m_p} \approx 2,2 \cdot 10^{39}$
---	---

5. $F - ?$

$$r = 2 \text{ მ}$$

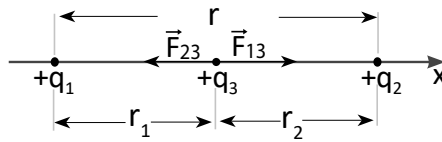
$$q_1 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$$

$$q_2 = 8 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$$

$$q_3 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ვბ}^2}{\text{კ}^2}$$

ამოხსნა:



$$\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

$$(0X) \quad -F = F_{13} - F_{23} \quad F = F_{23} - F_{13}$$

$$r_1 = r_2 = \frac{r}{2}; \quad r_1 = r_2 = 1 \text{ მ}; \quad F_{13} = \frac{kq_1q_3}{r_1^2}; \quad F_{23} = \frac{kq_3q_2}{r_2^2}$$

q_3 მუხტზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი:

$$F = \frac{kq_2q_3 - kq_3q_1}{r_1^2} = \frac{kq_3}{r_1^2} (q_2 - q_1) = 27 \cdot 10^{-8} \text{ ვ} = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ ვ}$$

ძალა მიმართულია q_1 მუხტისაკენ.

6. $\frac{F_1}{F_2} - ?$

$$q_1 = 3 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$$

$$q_2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$$

$$r_1 = r_2 = r$$

ამოხსნა:

$$\text{შეხებადღე } F_1 = \frac{kq_1q_2}{r_1^2}; \quad \text{შეხების შემდეგ } q = \frac{q_1 + q_2}{2} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$$

$$F_2 = \frac{kq^2}{r_2^2}; \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{q_1q_2}{q^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 10^{-16} \text{ ვ}}{16 \cdot 10^{-16} \text{ ვ}} = \frac{15}{16}$$

7. $a - ?$

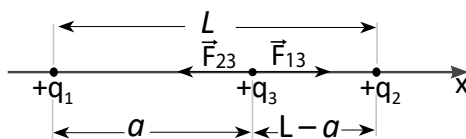
$$q_1 = 16 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$q_2 = 4 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$L = 15 \text{ სმ}$$

$$F_1 = F_2$$

ამოხსნა:



$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$$

$$(0X) \quad F_1 - F_2 = 0; \quad F_1 = F_2$$

$$F_1 = \frac{kq_1q_3}{a^2}; \quad F_2 = \frac{kq_2q_3}{(L-a)^2} \quad \text{წონასწორობისას } F_1 = F_2$$

$$\frac{kq_1q_3}{a^2} = \frac{kq_2q_3}{(L-a)^2} \quad \text{ანუ } \frac{a^2}{(L-a)^2} = \frac{q_1}{q_2}; \quad \frac{a}{L-a} = \sqrt{\frac{q_1}{q_2}} = 2$$

$$a = 2L - 2a; \quad a = \frac{2}{3} \quad a = 10 \text{ სმ.} \quad \text{პირველი მუხტიდან.}$$

11. $F = ?$

$$q_3 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$$

$$q_1 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$$

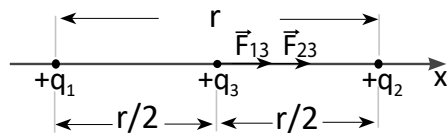
$$q_2 = -2 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$$

$$r = 6 \text{ სმ} = 0,06 \text{ მ}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ფა}^2}{\text{კ}^2}$$

$$r_1 = r_2 = \frac{r}{2}$$

ამოხსნა:



q_3 -ზე მოქმედი ძალა F

$$\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

$$(0x) \quad F = F_{13} + F_{23}$$

$$F_1 = \frac{K|q_1||q_3|}{\left(\frac{r}{2}\right)^2}; \quad F_2 = \frac{K|q_2||q_3|}{\left(\frac{r}{2}\right)^2}$$

$$F = \frac{4K|q_1||q_3|}{r^2} + \frac{4K|q_2||q_3|}{r^2} = \frac{4K|q_3|}{r^2} (|q_1| + |q_2|) = 1,5 \text{ ნ}$$

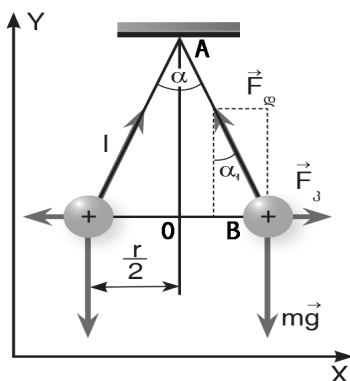
12. $q = ?$

$$m_1 = m_2 = m = 20 \text{ გ} = 0,02 \text{ კგ}$$

$$L = 30 \text{ სმ} = 0,3 \text{ მ}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

ამოხსნა:



$$\alpha_1 = 45^\circ$$

წონასწორობის მდგომარეობაში.

$$\vec{F}_g + \vec{F}_j + m\vec{g} = 0$$

$$(0x) \quad F_j - F_g \sin 45^\circ = 0 \quad (1)$$

$$(0y) \quad F_g \cos 45^\circ - mg = 0 \quad (2)$$

$$F_g \cos 45^\circ = mg; \quad F_g = \frac{mg}{\cos 45^\circ} \quad (3)$$

$$F_j = \frac{kq^2}{r^2}; \quad \Delta AOB\text{-დან } \frac{r}{2} = L \sin 45^\circ \quad r = 2L \sin 45^\circ$$

$$F_j = \frac{kq^2}{(2L \sin 45^\circ)^2} \quad (4)$$

$$(1)\text{-დან } F_j = F_g \sin 45^\circ \Rightarrow (3) \text{ და } (4)$$

$$\frac{kq^2}{(2L \sin 45^\circ)^2} = \frac{mg}{\cos 45^\circ} \sin 45^\circ \quad (5) \quad \sin 45^\circ = \cos 45^\circ$$

$$q = 2L \sin 45^\circ \sqrt{\frac{mg}{k}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ კ} = 2 \text{ მკკ}$$

2.8. შემაჯამებელი ბაკვეთილი

„დამუხტული სხეულები და ელექტროსკოპი“ – დავალებაა, რომელიც ამავედროულად მოსწავლეებს შეიძლება მიეცეს, როგორც კომპლექსური დავალება.

იგი გულისხმობს თვითნაკეთი ელექტროსკოპით დამუხტული სხეულების ელექტრული ველის გამოკვლევას. თვითნაკეთი ელექტროსკოპით მოსწავლეებს შეუძლიათ ინდივიდუალურად ჩაატარონ ყველა ექსპერიმენტი, რომელიც მათ დააინტერესებს. ამავე დროს, მოძებნონ საერთო თემები ბუნების მოვლენებსა და ელექტროსტატიკას შორის, მაგალითად ისეთი, როგორც არის ელვა.

ექსპერიმენტების მეთოდური დამუშავება ანალოგიურია ზემოთ აღწერილი ექსპერიმენტებისა. ამიტომ მათზე პასუხები მასწავლებლის წიგნში ზედმეტად იქნა მიჩნეული.

პასუხები:

1. თითოეული ელექტროსკოპის მუხტი იქნება უარყოფითი 1,6 მკკ.
2. ღერო იზოლატორისაა, რადგან გამტარი ღეროს შემთხვევაში ელექტრომეტრის ისრები ერთნაირად გადაიხრებოდა.
3. ღერო დამუხტულია უარყოფითი ნიშნის მუხტით.
4. ბ.
5. ა – დადებითი, ბ – უარყოფითი, გ – უარყოფითი, დ – დადებითი (თუ გამტარია შეიძლება დაუმუხტავი იყოს)
6. 1.
7. ა.
8. 1
9. 1
10. 6F

ელექტროსკოპის დამზადება

<https://zen.yandex.ru/video/watch/61964dad8b3ef05529885c88>

2.9. ელექტრული ველის დაცაბულობა

ცნებები: ელექტრული ველის დაცაბულობა, ელექტრული ძალა, სასინჯი მუხტი, ველის დაცაბულობის სუპერპოზიციის პრინციპი.

ფორმულები: $E = \frac{F}{q_0}$, $F = q_0 E$, $E = \frac{kq}{r^2}$, $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** ელექტრული ველის დაცაბულობაა $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$, მას ელექტრული ველის ძალურ მახასიათებელს უწოდებენ.

ცალკეული მუხტის მიერ შექმნილი ველის დაცაბულობების ვექტორების შეკრებას სუპერპოზიციის პრინციპი ეწოდება.

P.S. სუპერპოზიციის პრინციპი სამართლიანია პოტენციალური ძალებისთვის. ბირთვული ძალებისთვის სუპერპოზიციის პრინციპი არ არის სამართლიანი.

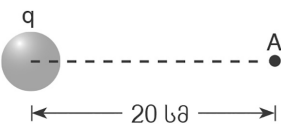
ბაზრება:

ა) სუპერპოზიციის პრინციპის თანახმად, A და B წერტილში მუხტების ველების დაცაბულობის ვექტორების გეომეტრიული შეკრების შედეგად მიიღება ჯამური ველის დაცაბულობა. ჯამური ველის დაცაბულობის ვექტორი, ისევე როგორც ძალები, გარეთ არის მიმართული, ვინაიდან ეს ველი დადებითი მუხტებისგან არის შექმნილი.

ბ) A და B წერტილებში ჯამური ველის დაცაბულობის მოდული ერთმანეთის ტოლია, მიმართულებები ურთიერთსაპირისპიროა.

საშინაო დავალება:

<p>1. $E - ?$</p> <p>$q = 5 \text{ მკ} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$</p> <p>$F = 25 \text{ მკნ} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ ნ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> $E = \frac{F}{q} = \frac{25 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-9}} = 5 \cdot 10^3 \text{ ნ/კ}$
---	---

<p>2. $E - ?$</p> <p>$q = 40 \text{ მკკ} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$</p> <p>$r = 20 \text{ სმ} = 0,2 \text{ მ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p>  $E = \frac{kq}{r^2} = 9 \cdot 10^6 \text{ ნ/კ}$
--	---

<p>3. $F - ?$</p> <p>$E = 5 \cdot 10^4 \text{ ნ/კ}$</p> <p>$q = 5 \text{ მკკ} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> $F = qE = 25 \cdot 10^{-2} \text{ ნ} = 0,25 \text{ ნ}$
---	--

<p>4. $r - ?$</p> <p>$E = 225 \text{ კნ/კ}$</p> <p>$q = 10 \text{ მკ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> $E = \frac{kq}{r^2}$ $r^2 = \frac{kq}{E} \quad r = \sqrt{\frac{kq}{E}} = 2 \text{ სმ}$
---	--

2.10. ელექტრული ველის ძალწირები

ცნებები: ელექტრული ველის ძალწირი. ერთგვაროვანი ელექტრული ველი.

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** ელექტრული ველის ძალწირი წარმოსახვითი წირია, დადებითი მუხტის ველის ძალწირები მუხტიდან მის გარეთ არის მიმართული. უარყოფითი მუხტის ველის ძალწირები მიმართულია უარყოფითი მუხტისკენ.

ველის ძალწირები სივრცეში არ წყდება, იწყება დადებით მუხტზე და მთავრდება უარყოფითზე. ელექტრული ველის ძალწირები არ გადაიკვეთება სივრცეში.

ძალწირების სიხშირის მიხედვით შეიძლება მსჯელობა მოცემული ელექტროსტატიკური ველის დაძაბულობის სიდიდის შესახებ.

ბაზრება:

აზრობრივი ექსპერიმენტი: ექსპერიმენტი ელექტრულ ძალწირებზე მოსწავლეებმა შესაძლებელია ვიდეოს სახით ნახონ:

<https://www.youtube.com/watch?v=scPt-P2wB30>

საჭირო ხელსაწყოების არსებობისას მისი ჩატარება სკოლის პირობებშიც არის შესაძლებელი.

მოსწავლეები თვალსაჩინოდ აღიქვამენ ელექტრული ველის ძალწირების დამახასიათებელ ნიშნებს, რაც ტექსტის სახით აქვთ სახელმძღვანელოში მოცემული.

1. მოსწავლეები სქემის „ელექტრული ველის ძალწირები“ მიხედვით, მსჯელობენ ძალწირების მახასიათებელ თვისებებზე და მიუთითებენ სახელმძღვანელოში გვ. 44., სურ. 48, 49, როგორც ამ მტკიცებულებების მაგალითებზე.

2. \vec{E}_1 ვექტორი გამოსახავს $+q$ მუხტს ელექტრული ველის დაძაბულობის მიმართულებას, \vec{E}_2 – ვექტორი გამოსახავს $-q$ მუხტის ველის დაძაბულობის მიმართულებას. **A** წერტილში მათი, როგორც ვექტორების შეკრებით, მიიღება \vec{E} , ორივე მუხტის ჯამური ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორი, რომელიც ამ ველის გამომსახველი ძალწირების მხების მიმართულებას ემთხვევა მოცემულ წერტილში.

3. სურათის მიხედვით \vec{E}_1 და \vec{E}_2 ვექტორები გამოსახავენ **A** წერტილში უარყოფითი მუხტების მიერ შექმნილი ველის დაძაბულობებს. ვექტორების გეომეტრიული შეკრებით მიღებული ვექტორი მიმართულებით ემთხვევა 2-ს. (ბ) სურათის მიხედვით \vec{E} – ჯამური ვექტორის მიმართულება ემთხვევა 4-ს.

4. (ა) და (ბ) სურათებზე გამოსახულია ექსპერიმენტის შედეგად მუხტების ველის ძალწირების განლაგება რკინის ნაქლიბის საშუალებით. (ა) – სურათი გამოსახავს ურთიერთსაპირისპირო ნიშნის მუხტების მიერ შექმნილ ელექტრული ველის ძალწირების განლაგებას. (ბ) სურათი გამოსახავს ერთნაირნიშნის მუხტების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის ძალწირების განლაგებას. (ბ) სურათზე „+“ ნიშნის მუხტი პირობითია, იგივე იქნებოდა ორი უარყოფითი ნიშნის მუხტი რომ ყოფილიყო.

საშინაო დავალება:

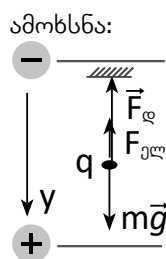
1. $\vec{F}_g = ?$

$m = 1 \text{ გ} = 0,001 \text{ კგ}$

$q = 1 \text{ მკკ} = 10^{-6} \text{ კ}$

$E = 1000 \frac{\text{ვ}}{\text{მ}}$

$g = 10 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$



ბურთულას წონასწორობის პირობის თანახმად:

$$m\vec{g} + \vec{F}_{ელ} + \vec{F}_g = 0$$

$$(y) \quad mg - F_{ელ} = F_g$$

$$F_{ელ} = qE$$

$$mg - qE = F_g$$

$$F_g = 0,009 \text{ ნ} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ ნ}$$

2. $E - ?$

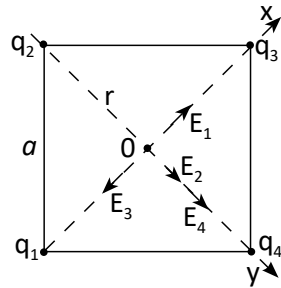
$$q_1 = q_2 = q_3 = q$$

$$q_4 = -q$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ნმ}^2}{\text{კ}^2}$$

ამოხსნა:

a - კვადრატის გვერდი



ელექტრული ველის დაძაბულობა O წერტილში

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$$

(Ox) $E_x = E_1 - E_3$

რადგან $E_1 = E_3$ $E_x = 0$

(Oy) $E_y = E_2 + E_4$

$E_2 = E_4$; $E_y = E = 2E_2$

$E_2 = \frac{kq}{r^2}$; $r^2 + r^2 = a^2$; $r^2 = \frac{a^2}{2}$

$E = 2 \frac{kq}{r^2}$; $E = \frac{4kq}{a^2}$

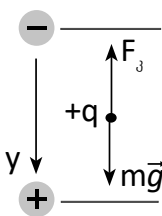
3. $E - ?$

$$m = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ კგ}$$

$$q = 5,0 \cdot 10^{-12} \text{ კ}$$

$$g = 10 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$$

ამოხსნა:



წონასწორობის მდგომარეობაში

$$\vec{F}_b + \vec{F}_j = 0; \quad \vec{F}_b = m\vec{g}; \quad \vec{F}_2 = q\vec{E}$$

$$m\vec{g} + q\vec{E} = 0$$

(Oy) $mg - qE = 0$

$$E = \frac{mg}{q} = 0,5 \cdot 10^5 = 50 \cdot 10^3 \frac{\text{ნ}}{\text{კ}} = 50 \frac{\text{კნ}}{\text{კ}}$$

2.11. ამოხსენი ამოცანები

1. $a - ?$

$$q_1 = 4 \text{ მკკ}$$

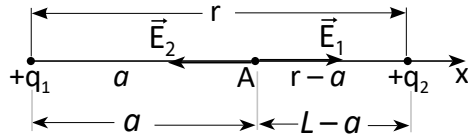
$$q_2 = 16 \text{ მკკ}$$

$$r = 3 \text{ მ}$$

$$E = 0 \text{ ვ}$$

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

ამოხსნა:



$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0$$

$$(OX) \quad E_1 - E_2 = 0$$

$$E_1 = E_2$$

$$E_1 = \frac{kq_1}{r^2}; \quad E_2 = \frac{kq_2}{(r-a)^2}$$

$$\frac{kq_1}{a^2} = \frac{kq_2}{(r-a)^2}$$

$$\frac{4}{a^2} = \frac{16}{(3-a)^2}; \quad \frac{2}{a} = \frac{4}{3-a}$$

$$4a = 6 - 2a \quad 6a = 6 \quad a = 1 \text{ მ}$$

2. $a - ?$

$$q_1 = 16 \text{ მკკ} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$$

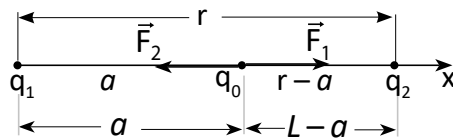
$$q_2 = 25 \text{ მკკ} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$$

$$r = 9 \text{ სმ}$$

$$E = 0$$

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

ამოხსნა:



$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$$

$$\frac{\vec{F}_1}{q_0} + \frac{\vec{F}_2}{q_0} = 0$$

$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0$$

$$(OX) \quad E_1 - E_2 = 0$$

$$E_1 = E_2$$

q_1 მუხტიდან a მანძილზე q_0 ნერტილში ელექტრული ველის დაძაბულობა ნულის ტოლია.

$$\text{მაშინ, } \frac{kq_1}{a^2} = \frac{kq_2}{(r-a)^2}$$

$$\frac{16 \cdot 10^{-6}}{a^2} = \frac{25 \cdot 10^{-6}}{(r-a)^2} \quad \frac{4}{a} = \frac{5}{r-a}$$

$$4r - 4a = 5a \quad 4r = 9a$$

$$a = \frac{4r}{9} = 4 \text{ (სმ)}$$

3. $E - ?$

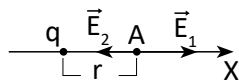
$$E_1 = 80 \frac{\text{ვ}^6}{\text{კ}}$$

$$q = -7 \text{ ნკ} = -7 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$r = 3 \text{ სმ} = 0,03 \text{ მ}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ნმ}^2}{\text{კ}^2}$$

ამოხსნა:



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$(OX) E = E_1 - E_2$$

$$E_2 = \frac{kq}{r^2} = -70 \frac{\text{ვ}^6}{\text{კ}}$$

$$E = 80 \frac{\text{ვ}^6}{\text{კ}} - 70 \frac{\text{ვ}^6}{\text{კ}} = 10 \frac{\text{ვ}^6}{\text{კ}}$$

4. $R - ?$

$$q_1 = 20 \text{ ნკ} = 20 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$q_2 = 80 \text{ ნკ} = 80 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$r = 4 \text{ სმ} = 0,04 \text{ მ}$$

$$F_1 = F_2$$

ამოხსნა:

$$\text{შეხებადღე } F_1 = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$\text{შეხების მერე თითოეული მუხტი იქნება } q = \frac{q_1 + q_2}{2}; \quad F_2 = \frac{kq^2}{R^2}$$

$$\text{ამოცანის პირობის თანახმად: } F_1 = F_2$$

$$\frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{kq^2}{R^2}$$

$$R = \frac{r(q_1 + q_2)}{2\sqrt{q_1 \cdot q_2}} = 0,05 \text{ მ} = 5 \text{ სმ}$$

5. $E - ?$

$$q_1 = 8 \text{ ნკ}$$

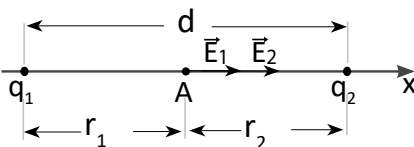
$$q_2 = -5 \text{ ნკ}$$

$$d = 40 \text{ სმ}$$

$$q_2 = 5 \text{ ნკ}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ნმ}^2}{\text{კ}^2}$$

ამოხსნა:



სუპერპოზიციის პრინციპის თანახმად:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$(OX) E = E_1 + E_2$$

$$E_1 = \frac{kq_1}{(r_1)^2}; \quad E_2 = \frac{kq_2}{(r_2)^2}; \quad r_1 = r_2 = \frac{d}{2}$$

$$E = \frac{4kq_1}{d^2} + \frac{4k|q_2|}{d^2}$$

$$E = \frac{9^9 \cdot 8 \cdot 10^{-9}}{0,04} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9}}{0,04}$$

$$E = \frac{72 + 45}{0,04} = 2925 \frac{\text{ვ}}{\text{კ}}$$

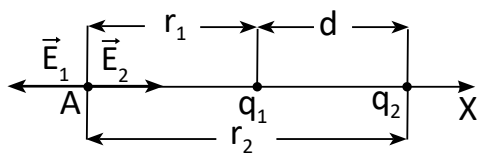
თუ \parallel მუხტი დადებითია, მაშინ $E = E_1 - E_2$

$$E = \frac{kq_1}{r^2} - \frac{k|q_2|}{r^2} = 675 \frac{\text{ვ}}{\text{კ}}$$

6. $E_A - ?$

- $q_1 = 10 \text{ ნკ}$
- $q_2 = -20 \text{ ნკ}$
- $d = 20 \text{ სმ} = 0,2 \text{ მ}$
- $r_1 = 30 \text{ სმ} = 0,3 \text{ მ}$
- $r_2 = 50 \text{ სმ} = 0,5 \text{ მ}$
- $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ნმ}^2}{\text{კ}^2}$

ამოხსნა:



$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

(OX) $E_A = E_1 - E_2$

რადგან ველის დაძაბულობები ურთიერთსაწინააღმდეგოა:

$$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2}; \quad E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2}$$

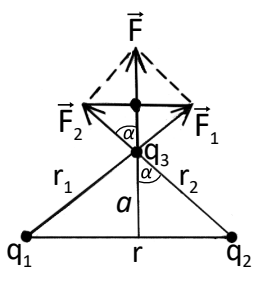
$$E_A = \frac{kq_1}{r_1^2} - \frac{kq_2}{r_2^2}$$

$$E_A = 280 \frac{\text{ნ}}{\text{კ}}, \text{ მიმართულია დადებითიდან უარყოფითისკენ.}$$

7. $F - ?$

- $q_1 = q_2 = 25 \text{ ნკ} =$
- $= 25 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$
- $r = 24 \text{ სმ} = 0,24 \text{ მ}$
- $q_3 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$
- $r_1 = r_2 = 0,15 \text{ მ}$
- $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ნმ}^2}{\text{კ}^2}$

ამოხსნა:



$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$F_1 = \frac{kq_1q_3}{r_1^2}; \quad F_2 = \frac{kq_2q_3}{r_2^2}$$

$$F_1 = F_2$$

F_1 და F_2 ძალების გეომეტრიული შეკრებით მიიღება \vec{F} ძალა. $F = 2F_1 \cos \alpha$

$$a = \sqrt{r_2^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2}; \quad \text{მაშინ } \cos \alpha = \frac{\sqrt{r_2^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2}}{r_2}$$

აქედან $F = 2F_1 \cdot \frac{\sqrt{r_2^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2}}{r_2}$

$$F = 2 \frac{kq_2q_3}{r_2^2} \sqrt{1 - \left(\frac{r}{2r_2}\right)^2} =$$

$$= \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 25 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{0,0225} \sqrt{1 - \left(\frac{0,24}{2 \cdot 0,15}\right)^2} =$$

$$= 24 \cdot 10^{-6} \text{ ნ} = 24 \text{ მკნ}$$

8. $x_1 - ? x_2 - ?$

1) $q_1 = +4q$

$q_2 = -q$

$r = 6$

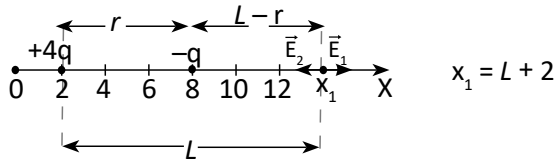
2) $q_1 = 4q$

$q_2 = q$

$r = 6$

ამოხსნა:

1) მუხტები სხვადასხვა ნიშნისაა



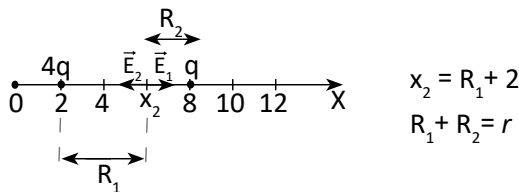
$$E_1 = \frac{kq_1}{L^2}; \quad E_2 = \frac{kq_2}{(L-r)^2}$$

$$x_1 \text{ წერტილში } E_1 = E_2 \quad \frac{k4q}{L^2} = \frac{kq}{(L-r)^2}; \quad \frac{2}{L} = \frac{1}{L-r};$$

$$L = 2r = 12 \quad x_1 = 2 + 12 = 14$$

წერტილის კოორდინატი სათავიდან 14 ერთეულია

2) ორივე მუხტი დადებითია



$$E_1 = \frac{k4q}{R_1^2}; \quad E_2 = \frac{kq}{R_2^2}$$

$$R_1 = r - R_2, \quad x_2 \text{ წერტილში } E_1 = E_2$$

$$\frac{k4q}{(r-R_2)^2} = \frac{kq}{R_2^2}; \quad \frac{4}{(r-R_2)^2} = \frac{1}{R_2^2}$$

$$\frac{2}{r-R_2} = \frac{1}{R_2}; \quad R_2 = \frac{r}{3} = 2 \text{ ე.ი. } x_2 = 6$$

წერტილის კოორდინატი სათავიდან 6 ერთეულია.

9. $n - ?$

$m = 16 \text{ მგ} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ კგ}$

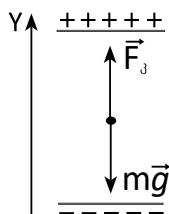
$E_1 = 0,2 \frac{\text{ვ}}{\text{მ}}$

$E_2 = 0,15 \frac{\text{ვ}}{\text{მ}}$

$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$

$g = 10 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}^2}$

ამოხსნა:



$$\vec{F}_j + m\vec{g} = 0$$

$$(0Y) \quad F_j - mg = 0$$

$$F_j = q \cdot E$$

ულტრაიისფერი სხივებით დასხივებამდე

$$mg = q_1 E_1 \quad q_1 = n_1 e$$

$$mg = n_1 e E_1$$

დასხივების შემდეგ $mg = q_2 E_2 \quad q_2 = n_2 e \quad mg = n_2 e E_2$

$$n_1 = \frac{mg}{eE_1}; \quad n_2 = \frac{mg}{eE_2} \quad n_2 - n_1 = \frac{mg}{eE_2} - \frac{mg}{eE_1}$$

$$n_2 - n_1 = \Delta n \quad \Delta n = \frac{mg}{e} \left(\frac{1}{E_2} - \frac{1}{E_1} \right) = 1,6 \cdot 10^{15} \text{ ელექტრონი.}$$

2.12. ბამბარები ელექტრულ ველში

ცნებები: გამტარი, დიელექტრიკი, ელექტროსტატიკური ინდუქცია. მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე.

ფორმულები: $\sigma = \frac{q}{S}$, ერთეული $\frac{კ}{მ^2}$.

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** გამტარი ისეთი ნივთიერებაა, რომელიც შეიცავს თავისუფალი მუხტების დიდ რაოდენობას.

თავისუფალი ელექტრონები ეწოდება ელექტრონებს, რომლებიც მოწყვეტილია ატომების ელექტრონული გარსისგან და შეუძლიათ კრისტალურ მესერში ატომებს შორის თავისუფლად გადაადგილება.

ელექტრულ ველში მოთავსებისას, გამტარის შიგნით ელექტრული ველი არ არის და შესაბამისად, დაძაბულობა ნულის ტოლია.

გამტარის ზედაპირზე მუხტების განაწილების მახასიათებელი სიდიდეა მუხტის ზედაპირული სიმკვრივე, $\sigma = \frac{q}{S} \cdot \left[\frac{კ}{მ^2} \right]$.

ბაზრება:

ექსპერიმენტის მიზანი – დაელექტრობულ გამტარში მუხტების განაწილების კვლევა.

მოვლენის აღწერა: ღრუ სფერო დამუხტეთ დამუხტული მინის ღეროთი. იზოლატორიანი ლითონის ბურთულა შევახეთ დამუხტული სფეროს გარეთა ზედაპირს, შემდეგ ელექტრომეტრს. ელექტრომეტრის ისარი გადაიხარა. ე.ი. ელექტრომეტრი დაიმუხტა. ხელით განვმუხტეთ ელექტრომეტრი და პატარა ბურთულა. იზოლატორზე დამაგრებული ბურთულა კვლავ შევახეთ დამუხტული სფეროს შიდა ნაწილს და ბურთულა შევახეთ ელექტრომეტრს.

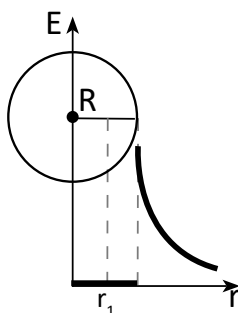
ელექტრომეტრის ისარი არ გადაიხარა, ე.ი. ელექტრომეტრი არ დაიმუხტა.

დასკვნა: ექსპერიმენტის შედეგად დავასკვნით, რომ დამუხტული გამტარის გარე ზედაპირზე მუხტები არსებობს, შიდა ზედაპირზე მუხტები არ არის.

საშინაო დავალება:

1. $E = ?$
- $R = 4 \text{ სმ}$
 $q = 5 \text{ ნკ} = 9 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$
 $r_1 = 3 \text{ სმ}$
 $r_2 = 6 \text{ სმ} = 0,06 \text{ მ}$

ამოხსნა:



დამუხტული სფეროს შიგნით ელექტრული ველი არ არის.

ამიტომ $r_1 = 3 \text{ სმ}$ -ზე $E = 0$, რადგან $r_1 < R$.

$$E_2 = \frac{kq}{r_2^2} = 22,5 \frac{კნ}{კ}$$

$$\text{შენიშვნა: } [E] = \left[\frac{kq}{r^2} \right] \quad [E] = \frac{6მ^2კ}{კ^2მ^2} = \frac{6}{კ}$$

2. $m - ?$

$$m_1 = m_2 = m$$

$$R_1 = R_2 = R = 2 \text{ სმ} = 0,02 \text{ მ}$$

$$F_{\text{ელ}} = F_{\text{მიზ}}$$

$$\sigma = 1,25 \frac{\text{კვ}}{\text{მ}^2}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მ}^3/\text{კგ}^2$$

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

ამოხსნა:

$$\sigma = \frac{q}{S}; \quad q = \sigma S; \quad S = 4\pi R^2; \quad q = \sigma 4\pi R^2$$

$$F_{\text{ელ}} = \frac{kq^2}{r^2}; \quad F_{\text{მიზ}} = \frac{Gm^2}{r^2}; \quad F_{\text{ელ}} = F_{\text{მიზ}}$$

$$\frac{kq^2}{r^2} = \frac{Gm^2}{r^2}; \quad kq^2 = Gm^2$$

$$m^2 = \frac{kq^2}{G}; \quad m = q \sqrt{\frac{k}{G}}$$

$$m = 4\sigma\pi R^2 \sqrt{\frac{k}{G}} = 4 \cdot 1,25 \cdot 10^{-9} \cdot 3,14 \cdot 0,0004 \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{6,7 \cdot 10^{-11}}} =$$

$$= 0,00628 \cdot 1,16 \cdot 10 \cdot 10^{-9} = 0,0073 \cdot 10 = 0,073 \text{ კგ} = 73 \text{ გ}$$

3. $R - ?$

$$m_1 = m_2 = m = 0,3 \text{ კგ}$$

$$\sigma = 1,25 \text{ კვ}/\text{მ}^2 = 1,25 \cdot 10^{-9} \text{ კ}/\text{მ}^2$$

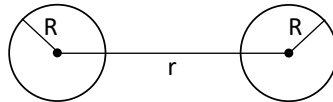
$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მ}^3/\text{კგ}^2$$

$$R_1 = R_2 = R$$

$$F_{\text{ელ}} = F_{\text{მიზ}}$$

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

ამოხსნა:



$$F_1 = \frac{Gm_1m_2}{r^2}; \quad F_2 = \frac{kq^2}{r^2}$$

$$q = \sigma S = \sigma 4\pi R^2 \quad \text{ალვნიშნოთ} \quad R^2 = d$$

$$q = \sigma 4\pi d \quad \text{ამოცანის პირობის თანახმად,} \quad F_1 = F_2$$

$$\frac{Gm^2}{r^2} = \frac{k(\sigma 4\pi d)^2}{r^2}; \quad Gm^2 = kd^2(4\pi\sigma)^2$$

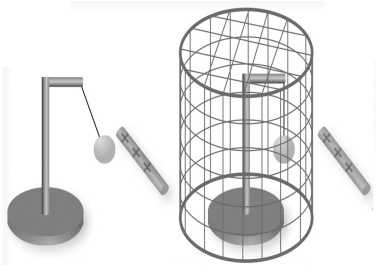
$$d^2 = \frac{Gm^2}{k(4\pi\sigma)^2}; \quad d = \frac{m}{4\pi\sigma} \sqrt{\frac{G}{k}} \quad d = 0,0016 \text{ მ}^2$$

$$R = \sqrt{d} \approx 0,04 \text{ მ} = 4 \text{ სმ}$$

შენიშვნა:

1. შესაძლებელია გაკვეთილის ბოლოს კიდევ ერთხელ მივუბრუნდეთ სახელმძღვანელოში სამოტივაციო კითხვას. სურათზე ფაქტიურად გამოსახულია „ფარადეის გალია“ სიტუაციას (სურ.1ა). „ფარადეის გალიის“ გამოყენებით აწყობდნენ თეატრალურ წარმოდგენებს (სურ. 1ბ).

ა)



ბ)

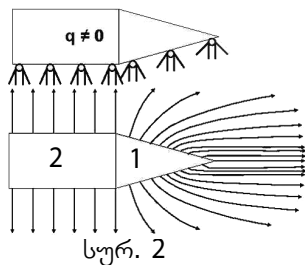


სურ. 1

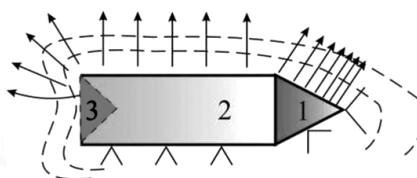
მოსწავლეებთან ერთად იმსჯელეთ „ფარადეის გალიის“, როგორც ელექტროდაცვისათვის საჭირო საშუალების გამოყენების შესახებ.

2. გამტარზე მუხტის განაწილების ექსპერიმენტული შემოწმება. თუ ელექტრულ ველში მოთავსებული ღრუ გამტარის სხეულზე სხვადასხვა წერტილში დავამაგრებთ ქალაღის ან ალუმინის თხელ ფურცლებს, ქალაღის ფურცლები სხვადასხვანაირად გაიშლება. (1) ზედაპირზე გაშლა მაქსიმალურია, მე-(2) ზედაპირზე მუხტი თანაბრად განაწილებული $q = const.$ და ფურცლები ერთნაირად იშლება (სურ. 2).

ელექტრომეტრით ფასდება მუხტის სიდიდე და პოტენციალი. როდესაც ელექტრომეტრს მიენოდება მუხტი ნაწვეტებული ნაწილიდან (1), ელექტრომეტრის ისარი დიდი კუთხით გადაიხრება, ზედაპირიდან (2) ისრის გადახრა უფრო ნაკლები იქნება. (3) გამტარის ღრუ ნაწილია. თუ მუხტი მე-(3) ზედაპირიდან მიენოდება ელექტრომეტრს, მაშინ ფურცლების გადახრა ნულოვანი იქნება. ეს ფაქტი მიუთითებს იმაზე, რომ ღრუ სხეულის შიდა ზედაპირზე ელექტრული ველის დაძაბულობა ნულის ტოლია, ესეიგი მუხტები არ არის. წყვეტილი ხაზით მონიშნულია ეკვიპოტენციალური ზედაპირები (სურ. 3).



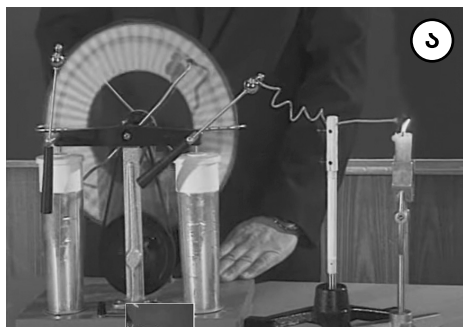
სურ. 2



სურ. 3

3. იონური ქარი

იონური ქარი ფიზიკური მოვლენაა. ექსპერიმენტების ჩატარებისას აღმოჩნდა, რომ თუ ნაწვეტებული ფორმის ელექტრობის გამტარ სხეულს ელექტრულ ველში მოთავსებენ, ნაწვეტებულ ნაწილში დაგროვდება ჭარბი მუხტის დიდი რაოდენობა. იგი ახდენს მის გარშემო მყოფი ჰაერის იონიზაციას. ჰაერის ნაკადის მოძრაობის შედეგად წარმოქმნილი იონების ნაკადი ქარის სახით ვრცელდება და მას იონურ ქარს უწოდებენ. თუ ნაწვეტებული დამუხტული სხეულის წინ ანთებულ სანთელს მოვათავსებთ, სანთლის ალი ვერტიკალური მიმართულებიდან გადაიხრება. (სურ. 4. ა და ბ)



სურ. 4.

<https://www.youtube.com/watch?v=kuDduQJ-ZGY>

<https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=Qsxkpt1bOjw>

4. ელექტროდაცვის გამოყენება ყოფა-ცხოვრებაში

„ფარადის გალიაში“ მოთავსებულ მუდმივ მაგნიტზე გარედან მაგნიტური ველი მოქმედებს. მაგალითად, გალიაში კომპასის მოთავსებისას მასზე დედამიწის მაგნიტური ველი მოქმედებს. ცვლადი ელექტრომაგნიტური ველის დასაცავად გალიის ღრიჭოს ზომა ნაკლები უნდა იყოს გამოსხივების ტალღის სიგრძეზე. ეკრანირება აგრეთვე დამოკიდებულია ლითონის წინააღმდეგობაზე, რომლისგანაც გალიაა დამზადებული და ასევე ლითონის სისქეზე. თუ დამუხტული სხეული მოთავსებულია დაუმინებული გალიის შიგნით, „ფარადის გალია“ მისგან გამოსულ გამოსხივებას ნაკლებად ბლოკავს, ვიდრე შესულს. გალიის შიგნით მომუშავე მაღალი სიხშირის ელექტრული ველის გამომსხივებელს შეუძლია „გაარღვიოს“ გალიის ზედაპირი და გარეთ გამოვიდეს.

ლიფტები და შენობები ლითონის კარკასითა და კედლებით შიგნით არ ატარებენ ტელეფონის, რადიოსა და სხვა ელექტრული ხელსაწყოების რადიოსიგნალს.

მიკროტალღური ლუმელის მაგნეტონის გამოსხივების (რომლის ტალღის სიგრძე 12 სმ-ია) ეკრანირებისთვის ლუმელი დამზადებულია ერთიანი ლითონისგან, უჟანგავი ფოლადისგან. მისი კარების გამჭვირვალე ფანჯარა შეიცავს მინის ან პლასტმასის ფირფიტებს. ფირფიტებს შორის მოთავსებულია ლითონის პერფორირებული (ლითონის თხელი, გარკვეული ზომის ნახვრეტებიანი ფურცელი). ნახვრეტების დიამეტრი არ აღემატება 1-3 მმ-ს. ასეთი ფურცლების არსებობა კარებზე სრულად გამორიცხავს გამოსხივების გამოსვლას მიკროტალღური ლუმელიდან. კარების ღრიჭოდან გამოსხივების გამოყოფისგან დაცვა უზრუნველყოფილია ღრიჭოს კონსტრუქციის ზომებით, რომელიც შერჩეულია გამოსხივების ტალღის სიგრძის მიხედვით.

მაღალი სიხშირის დენთან მომუშავე პერსონალისთვის შექმნილია სპეციალური ტანისამოსი ისეთი ქსოვილისგან, რომელიც შეიცავს ლითონის წვრილ ძაფებს. ძაფებად გამოყენებულია სპილენძი და უჟანგავი ფოლადი. ასეთი ტანისამოსი უზრუნველყოფს ადამიანზე მოქმედი ელექტრული ველის ეკრანირებას.

2.13. დიელექტრიკები ელექტრულ ველში

ცნებები: პოლარული დიელექტრიკი, არაპოლარული დიელექტრიკი, ელექტრული დიპოლი, დიელექტიკის პოლარიზაცია, დიელექტრიკული შეღწევადობა.

ფორმულები: $\epsilon = \frac{E_0}{E}$, ერთეული არ აქვს, განყენებული სიდიდეა.

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** დიელექტრიკები (იზოლატორები) პრაქტიკულად არ შეიცავენ თავისუფალ მუხტებს.

დიელექტრიკები ორი სახისაა:

არაპოლარულ დიელექტრიკში – უარყოფითი და დადებითი მუხტების განაწილების ცენტრი თითქმის ემთხვევა ერთმანეთს.

პოლარულ დიელექტრიკში – უარყოფითი და დადებითი მუხტების განაწილების ცენტრი არ ემთხვევა ერთმანეთს.

გარკვეული მანძილით დაშორებული დადებითი და უარყოფითი მუხტების ნეიტრალურ სისტემას **დიპოლი** ეწოდება.

ელექტრულ ველში მოთავსებისას არაპოლარულ დიელექტრიკშიც წარმოიქმნება დიპოლი.

ნივთიერებებს, რომელთა დიელექტრიკული შეღწევადობა შედარებით მაღალია, უწოდებენ დიელექტრიკებს, ხოლო ნივთიერებებს, რომელთა დიელექტრიკული შეღწევადობა დიელექტრიკებთან შედარებით მცირეა, უწოდებენ იზოლატორებს. დიელექტრიკებიც საიზოლაციო მასალებია, მაგრამ მათ აქვთ პოლარიზაციის სპეციალური თვისებები, რომელიც გამოიხატება შედარებით მაღალი სიდიდის დიელექტრიკული შეღწევადობით.

ინტერნეტში შეიძლება მოიპოვოთ მასალა პოლარულ და არაპოლარულ დიელექტრიკების პოლარიზაციის მოდელების შესახებ.

<https://www.youtube.com/watch?v=OCChozBP-70>

<https://www.youtube.com/watch?v=KBJl1qiYogo>

ბაზრება:

1. ა) 73-ე (ა) სურათის მიხედვით Na-ის სავალენტო ერთი ელექტრონია Cl-ის 7 ელექტრონი. Na-ს ადვილად შეუძლია ელექტრონის დაკარგვა, Cl-ს კი მიერთება.

ბ) 73-ე (ბ) სურათის მიხედვით Na დაკარგა ელექტრონი, წარმოიქმნა დადებითი იონი, Cl-მა მიიერთა ელექტრონი და წარმოიქმნა უარყოფითი იონი.

გ) 73-ე (გ) სურათის მიხედვით Na და Cl-ის იონები ბმული მუხტებია და ისინი ქმნიან დიპოლს.

დ) NaCl მიეკუთვნება პოლარულ დიელექტრიკებს.

2. 74-ე (ა) სურათის მიხედვით დიელექტრიკი არ არის მოთავსებული ელექტრულ ველში. დიპოლები ქაოსურადაა განლაგებული.

74-ე (ბ) სურათის მიხედვით დიპოლები ელექტრულ ველში ორიენტირდებიან ისე, რომ დადებითი მუხტები უარყოფითი ელექტროდისკენ არიან განლაგებული, უარყოფითი მუხტები კი დადებითი ელექტროდისკენ.

დიელექტრიკის დიპოლების ელექტრულ ველში ორიენტირების შედეგად მათ მიერ შექმნილი ელექტრული ველი გარე ელექტრული ველის საწინააღმდეგოდ არის მიმართული და ასუსტებს (ამცირებს) გარე ელექტრულ ველს.

74-ე (გ) დიპოლზე მოქმედებს ელექტრული ველის მხრიდან ძალები, რომლებიც ქმნიან ძალთა ნეცილს, რაც იწვევს დიპოლის შემობრუნებას ელექტრულ ველში.

74-ე (დ) სურათის მიხედვით, შიდა და გარე ელექტრული ველი ურთიერთსაპირისპიროა მიმართული. ჯამური ელექტრული ველის დაძაბულობის მოდული მათი დაძაბულობების მოდულების სხვაობის ტოლი იქნება $E = E_0 - E'$ და მიმართულია გარე ველის დაძაბულობის ვექტორის მიმართულადაა.

საშინაო დავალება:

1. მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა $\epsilon = 2,2$ -ჯერ შემცირდება (ზეთის დიელექტრიკული შეღწევა ტოლია 2,2-ის).

<p>2. $\frac{q_0}{q} - ?$</p> <hr/> <p>$F_1 = F_2 = F$ $q_1 = q_2 = q$ $r_1 = r_2 = r$ $\epsilon = 81$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>$F_1 = k \frac{q^2}{r^2}; \quad F_2 = k \frac{q_0^2}{\epsilon r^2}$ $q = \sqrt{\frac{Fr^2}{k}} \quad q_0 = \sqrt{\frac{F\epsilon r^2}{k}}$ $\frac{q_0}{q} = \sqrt{\epsilon} \quad q_0 = \sqrt{\epsilon} q = \sqrt{81} q = 9q$</p> <p>თითოეული მუხტი უნდა გაიზარდოს 9-ჯერ</p>
--	--

<p>3. $\epsilon - ?$</p> <hr/> <p>$q = 81 \text{ ნკ} = 81 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$ $r = 9 \text{ სმ} = 0,09 \text{ მ}$ $E = 36 \text{ კვ/მ} = 36000 \text{ ვ/მ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>$E = k \frac{q}{\epsilon r^2}$ $\epsilon = \frac{kq}{Er^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 81 \cdot 10^{-9}}{36 \cdot 10^3 \cdot 0,09 \cdot 0,09} = 2,5$</p>
--	---

4. $r_1 - ?$

$q_1 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$

$q_2 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$

$r = 20 \text{ სმ} = 0,2 \text{ მ}$

$\epsilon = 81$

$F_1 = F_2$

ამოხსნა:

$$F_1 = \frac{kq_1q_2}{r^2}; \quad F_2 = \frac{k \left(\frac{q_1 + q_2}{2} \right)^2}{\epsilon r_1^2}$$

$$\frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{k \left(\frac{q_1 + q_2}{2} \right)^2}{\epsilon r_1^2}$$

$$r_1 = r \sqrt{\frac{\left(\frac{q_1 + q_2}{2} \right)^2}{q_1q_2 \cdot \epsilon}} \approx 0,023 \text{ მ} \approx 2,3 \text{ სმ}$$

2.14. ელექტრული ძალის მუშაობა

ცნებები: გრავიტაციული ურთიერთქმედების ძალა, ელექტრული ძალა, მუშაობა ელექტრულ ველში, პოტენციალური ენერგია.

ფორმულა: $A = qEd$; $A = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r_1} - k \frac{q_1 \cdot q_2}{r_2}$

$W = qEd$; $W = k \frac{q_1q_2}{r}$.

► **მკვიდრი ნარმოდგენები.** ელექტრული ველი მუშაობას არ ასრულებს, თუ მუხტი გადაადგილდება ელექტრული ძალნირის მართობული მიმართულებით.

ჩაკეტილ ტრაექტორიაზე მუხტის გადაადგილებისას ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობა 0-ის ტოლია.

ბაზრება:

ა) სხეულის ასროლისას $A = -mgh$, ვარდნისას $A = mgh$

ბ) $A = 0$ – სიმძიმის ძალა მიმართულია გადაადგილების მართობულად.

გ) $A = qEd$ – ძალის მიმართულება ემთხვევა მუხტის გადაადგილების მიმართულებას.

დ) $A = -qEd$ – ძალის მიმართულება მუხტის გადაადგილების საპირისპირო მიმართულებასაა.

ე) $A = 0$ – ელექტრული ძალის მიმართულება მუხტის გადაადგილების მართობულია.

ვ) სიმძიმის ძალის მუშაობა ჩაკეტილ ტრაექტორიაზე $A = -mgh + mgh = 0$, ელექტრული ველის მუშაობა ჩაკეტილ ტრაექტორიაზე $A = -qEd + qEd = 0$.

მიღებული შედეგის მიხედვით გრავიტაციული და ელექტრული ველის მუშაობა ჩაკეტილ ტრაექტორიაზე ნულის ტოლია. არსებობს ანალოგია გრავიტაციული და ელექტრული ველის მახასიათებლებს შორის.

ანალოგია გრავიტაციული და ელექტრული ველების მახასიათებლებს შორის

გრავიტაციული	ელექტრული მახასიათებლები
1. სიმძიმის ძალა $\vec{F}_1 = m\vec{g}$	1. ელექტრული ძალა $\vec{F} = q\vec{E}$
2. მასა m	2. მუხტი q
3. \vec{g} მუდმივა	3. ელექტრული ველის დაძაბულობა \vec{E}
4. გრავიტაციული ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია	4. ელექტრული ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგია $W = \frac{kq_1q_2}{r}$
$W = G \frac{m_1m_2}{r}$	5. პროპორციულობის კოეფიციენტი
5. გრავიტაციული მუდმივა	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ ნ} \cdot \text{მ}^2/\text{კ}^2$
$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნ} \cdot \text{მ}^2/\text{კგ}^2$	ელექტრული მუდმივა $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ კ}^2/\text{ნ} \cdot \text{მ}^2$

საშინაო დავალება:

<p>1. $\Delta W_j - ?$</p> <p>$q = 10 \cdot 10^{-9} \text{ კ} = 10^{-8}$</p> <p>$E = 30 \cdot 10^3 \text{ ნ/კ}$</p> <p>$d = 10 \text{ სმ} = 0,1 \text{ მ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>$\Delta W_j = A; \quad A = qEd; \quad \Delta W_j = qEd$</p> <p>$\Delta W_j = 10^{-8} \text{ კ} \cdot 3 \cdot 10^4 \text{ ნ/კ} \cdot 0,1 \text{ მ} =$</p> <p>$= 10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ ჯ} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ ჯ-ით}$</p>
--	---

<p>2. $E - ?$</p> <p>$E = 150 \text{ ნ/კ}$</p> <p>$q_1 = 600 \text{ ნკ} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ კ}$</p> <p>$q_2 = -600 \text{ ნკ} = -6 \cdot 10^{-7} \text{ კ}$</p> <p>$d = 20 \text{ სმ} = 0,2 \text{ მ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>$A_1 = q_1 Ed = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ ჯ} = 18 \text{ მკჯ}$</p> <p>$q_2$ მუხტი გადაადგილდება ველის მიმართულების საწინააღმდეგოდ. ამიტომ $A_2 = q_2 \cdot (-E)d = 18 \text{ მკჯ}$</p>
--	---

2.15. ელექტრული ველის პოტენციალი

ცნებები: პოტენციალი

ფორმულები: $\varphi = \frac{W}{q_0}; \quad \varphi = \frac{kq}{r}; \quad \varphi = Ed.$

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** ელექტრული ველის პოტენციალი ველის ენერგეტიკული მახასიათებელია. ელექტრული ველის პოტენციალი სკალარული სიდიდეა.

ელექტრული ველის პოტენციალი განსაზღვრავს ველის მოცემულ წერტილში ერთეულოვანი მუხტის პოტენციალურ ენერგიას.

თუ ველი შექმნილია რამდენიმე მუხტისგან, ჯამური ველის პოტენციალი ველის მოცემულ წერტილში ამ წერტილებში ცალკეული მუხტის ველის პოტენციალების ალგებრული ჯამის ტოლია.

ბაზრება:

1. ა) დამუხტული გამტარის სფეროს შიგნით ველის დაძაბულობა 0-ის ტოლია, სფეროს ზედაპირზე $E = \frac{kq}{R^2}$, სფეროს გარეთ დაძაბულობა მანძილის გაზრდით მცირდება.

ბ) ვინაიდან სფეროს შიგნით დაძაბულობა ნულის ტოლია, სფეროს შიგნით ნებისმიერ წერტილში პოტენციალი ისეთივეა, როგორც სფეროს ზედაპირზე. თუ სფეროს შიგნით პოტენციალია φ_0 და ზედაპირზე φ_1 , მაშინ $\varphi_1 - \varphi_0 = Ed = 0$, ე.ი. $\varphi_1 = \varphi_0$. სფეროს შიგნით პოტენციალი ერთნაირია, გარეთ კი მცირდება.

2. სფეროებს შორის მუხტების გადანაწილება მაშინ, როდესაც მათ განსხვავებული პოტენციალები აქვთ.

$\varphi_1 = k \frac{q}{R}; \quad \varphi_2 = k \frac{q}{2R}; \quad \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = 2; \quad \varphi_1 = 2\varphi_2$

მუხტების გადანაწილება შეწყდება, როცა პოტენციალები გაუტოლდება ერთმანეთს

თუ $\varphi'_1 = \varphi'_2$ მაშინ $\frac{kq_1}{R} = \frac{kq_2}{2R}; \quad q_1 = \frac{q_2}{2}$

ანუ $q_2 = 2q_1$.

ე.ი. პოტენციალების ტოლობისას დიდ სფეროზე ორჯერ მეტი მუხტი აღმოჩნდება, ვიდრე პატარა რადიუსიან სფეროზე.

მუხტების გადანაწილება სფეროებზე იქნება:

$$q + q = q_1 + q_2; \quad 2q = 3q_1$$

$$q_1 = \frac{2}{3} q; \quad q_2 = \frac{4}{3} q$$

საშინაო დავალება:

1. $E, \varphi - ?$

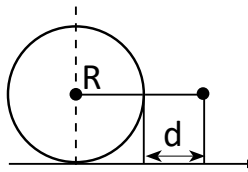
$$R = 1 \text{ მ}$$

$$q = 10^{-6} \text{ კ}$$

$$d = 60 \text{ სმ} = 0,6 \text{ მ}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ ნმ}^2/\text{კ}^2$$

ამოხსნა:



$$r = R + d; \quad E = \frac{kq}{r^2}; \quad r = 1 + 0,6 = 1,6 \text{ მ}$$

$$E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{(1,6)^2} \approx 3,5 \cdot 10^3 \approx 3,5 \frac{\text{კვ}}{\text{მ}}$$

$$\varphi = \frac{kq}{r} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{1,6} \approx 5,6 \cdot 10^3 \text{ ვ} \approx 5,6 \text{ კვ}$$

2.16 ელექტროსტატიკური ველის ექსპერიმენტული კვლევა

1. ექსპერიმენტის მიზანი. დავადგინოთ, რომ ელექტრული ძალის მუშაობის შედეგია დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების ენერჯის ცვლილება.

მოვლენის აღწერა. ბურთულასა და სფეროსთან შალზე ხახუნით დამუხტული ღეროს შეხებით ორივე მათგანი დაიმუხტა. დამუხტული სფეროს დამუხტულ ბურთულასთან მიახლოებისას ბურთულა სფეროსგან განიზიდება და გადაიხრება წონასწორობის მდებარეობიდან. წონასწორობის მდებარეობიდან გადახრის შედეგად მისი მდებარეობა სანჯისთან შედარებით ზევით იწევს. ეს კი ნიშნავს, რომ ბურთულამ შეიძინა პოტენციალური ენერჯია, ბურთულის ენერჯია შეიცვალა.

დასკვნა:

ა) ბურთულას დამუხტულ სფეროსთან ურთიერთქმედების შედეგად იგი წონასწორობიდან გადაიხარა და შეიძინა პოტენციალური ენერჯია.

ბ) ბურთულას გადახრა გამოიწვია ელექტრულმა ძალამ, და შესაბამისად, მუშაობა შეასრულა ელექტრულმა ძალამ.

გ) ელექტრული ძალის მიერ შესრულებული მუშაობის შედეგად სხეულის პოტენციალური ენერჯია გაიზარდა (წონასწორობის მდებარეობას შეესაბამება პოტენციალური ენერჯის ნულოვანი დონე).

2. ექსპერიმენტის მიზანი: სფეროს პოტენციალის სიდიდის მის რადიუსზე დამოკიდებულების დადგენა.

მოვლენის აღწერა. ორი განსხვავებული რადიუსის ლითონის სფერო იმუხტება ერთი და იმავე სიდიდის მუხტით. ამისათვის ებონიტის ღეროს შალზე ხახუნით დამუხტვის შემდეგ მას შეახებენ იზოლატორიან ერთ-ერთ ბურთულას, ამ ბურთულის მეორე ბურთულასთან შეხებით ორივე ერთნაირად დაიმუხტება და თითოეულს ექნება პირველი ბურთულის მუხტის სიდიდის ნახევარი მუხტი. თუ ერთ ბურთულას შევახებთ ერთ სფეროს, მეორე ბურთულას მეორე სფეროს, მაშინ სფეროებიც ერთნაირი მუხტით დაიმუხტება.

სახელურიანი ღეროთი სფეროს ელექტრომეტრთან შეხებით დადგინდა, რომ დიდ რადიუსიან სფეროსთან შეხებისას ელექტრომეტრის ისარი მცირე კუთხით გადაიხარა, ვიდრე მცირე რადიუსიან სფეროსთან შეხებისას.

დასკვნა. ცდის შედეგად დადგინდა, რომ ერთი და იმავე სიდიდის მუხტის გადაცემისას დიდი სფეროს პოტენციალი ნაკლებია პატარა სფეროს პოტენციალთან შედარებით.

2.17 პოტენციალთა სხვაობა. ეკვიპოტენციალური ზედაპირები

ცნებები: პოტენციალთა სხვაობა, ძაბვა, ეკვიპოტენციალური ზედაპირი.

ფორმულები: $U = \varphi_1 - \varphi_2$; $U = \frac{A}{q}$; $U = Ed$

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** პოტენციალთა სხვაობა ველის ორ წერტილს შორის რიცხვობრივად ტოლია ელექტრული ძალის მიერ ერთეულოვანი მუხტის გადატანაზე შესრულებული მუშაობის.

ეკვიპოტენციალურ ზედაპირზე მუხტის გადაადგილებისას ელექტრული ველი მუშაობას არ ასრულებს.

გაანალიზება:

1. $\varphi = \frac{kq}{r}$ ფორმულიდან გამომდინარე: ა) $\varphi_1 > \varphi_2$; ბ) $\varphi_3 < \varphi_4$; გ) $\varphi_1 > \varphi_3$.

2. დედამიწის მუხტი უარყოფითად, ატმოსფეროში იონოსფეროს მუხტი დადებითია.

ა) სურათზე გამოსახული ეკვიპოტენციალური ზედაპირებისა და ელექტრული ძალწირების მიხედვით ელექტრული ძალწირები ეკვიპოტენციალური ზედაპირის მართობი წირებია. ე.ი. მათ შორის კუთხე 90° -ია.

ბ) სურათის მიხედვით პოტენციალთა სხვაობა **A** და **B** წერტილებს შორის 100 ვ-ზე ნაკლებია.

გ) ადამიანები არ შეიგრძნობენ დედამიწის ელექტრულ ველში პოტენციალთა სხვაობას იმიტომ, რომ მათი ორგანიზმი მუხტების გამტარია. ამის შედეგად დედამიწიდან რალაც რაოდენობის უარყოფითი მუხტი გადადის ადამიანზე. რის გამოც ველი მის გარშემო იცვლება, როგორც სურათზეა გამოსახული. პოტენციალი ადამიანის შიგნით და მის ზედაპირზე ერთნაირია, ე.ი. პოტენციელთა სხვაობა ნულის ტოლია და დაძაბულობაც ნულის ტოლი იქნება.

3. **A** წერტილის პოტენციალური ენერგია და პოტენციალი მეტია **B** წერტილისაზე. ამიტომ მუხტის **A**-დან და **B**-ში გადაადგილებისას ელექტრული ველი ასრულებს დადებით მუშაობას.

4. ა) 1 წერტილიდან ისევ 1 წერტილში დაბრუნებისას ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობა 0-ის ტოლია რადგან ტრაექტორია შეკრული წილია.

ბ) პოტენციალი, 2-დან 3-ში გადაადგილებისას მცირდება (უარყოფითი ნიშნით დამუხტული ფირფიტის პოტენციალი ნულის ტოლია).

გ) 3-დან 1-ში გადაადგილებისას იზრდება, ვინაიდან დადებითი ელექტროდის მახლობლობაში პოტენციალი მეტია, ვიდრე უარყოფითი ელექტროდის სიახლოვეს (უარყოფითი ნიშნით დამუხტული ფირფიტის პოტენციალი ნულის ტოლია).

საშინაო დავალება:

1. $A = ?$

$q = 50 \text{ ნკ} = 50 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$

$\varphi_1 = 100 \text{ ვ}$

$\varphi_2 = 300 \text{ ვ}$

ამოხსნა:

$A = qU = q(\varphi_1 - \varphi_2)$

$A = 50 \cdot 10^{-9}(100 - 300) = -1 \cdot 10^{-5} \text{ ჯ} = -10 \text{ მკჯ}$

2. $E - ?$ $U = 500 \text{ ვ}$ $d = 2 \text{ სმ} = 0,02 \text{ მ}$	ამოხსნა: $E = \frac{U}{d}$ $E = \frac{500}{0,02} \frac{\text{ვ}}{\text{მ}} = 25 \frac{\text{კვ}}{\text{მ}}$
--	---

2.18. ამოცანების ამოხსნა

საშინაო დავალები:

1. $q - ?$ $\varphi_1 - \varphi_2 = 1 \text{ კვ} = 1000 \text{ ვ}$ $A = 40 \text{ მკვჯ} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ ჯ} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ ჯ}$	ამოხსნა: $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$ $q = \frac{A}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{4 \cdot 10^{-5}}{1000} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$
---	---

2. $\varphi_1 - \varphi_2 - ?$ $d = 10 \text{ მ}$ $E = 0,1 \text{ მკვ/სმ}$	ამოხსნა: $\varphi_1 - \varphi_2 = Ed = 0,1 \text{ მკვ/სმ} \cdot 10^3 \text{ სმ} = 0,1 \text{ მვ}$
--	--

3. $A - ?$ $q = 2,5 \text{ მკვ} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ კ}$ $\varphi_1 = 600 \text{ ვ}$ $\varphi_2 = 200 \text{ ვ}$	ამოხსნა: $A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 400 = 10^{-3} \text{ ჯ} = 1 \text{ მჯ}$
---	---

4. $\varphi_1 - \varphi_2 - ?$ $q = 50 \text{ ნკ} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ კ}$ $m = 10 \text{ მკგ} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ კგ}$ $u_1 = 200 \text{ მ/წმ}$ $u_2 = 300 \text{ მ/წმ}$	ამოხსნა: $A = \Delta W_{\text{კინ}}; \quad \Delta W_{\text{კინ}} = W_{\text{კინ2}} - W_{\text{კინ1}}$ $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$ $q(\varphi_1 - \varphi_2) = m_e \left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right)$ აქედან $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{m(u_2^2 - u_1^2)}{2q} = \frac{10^{-8}(300^2 - 200^2)}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-8}} = 5000 \text{ ვ}$
--	---

5. $v - ?$

$$v_0 = 0$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 300 \text{ ვ}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ კგ}$$

აძომბსნა:

$$A = \Delta W_{\text{კობ}}; \quad \Delta W_{\text{კობ}} = W_{\text{კობ2}} - W_{\text{კობ1}}$$

$$\frac{mv^2}{2} = A; \quad A = e(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\frac{mv^2}{2} = |e|(\varphi_1 - \varphi_2); \quad v^2 = \frac{2|e|(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{2|e|(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}} \approx 1 \cdot 10^7 \text{ მ/წმ}$$

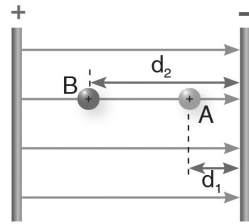
6. $\varphi_1 - ?$

$$q = 2 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$A = -2 \cdot 10^{-7} \text{ ჯ}$$

$$\varphi_2 = 400 \text{ ვ}$$

აძომბსნა:



$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2); \quad A < 0, \text{ მასმობ}$$

$$A = q\varphi_1 - q\varphi_2; \quad \varphi_1 = \frac{q\varphi_2 + A}{q}$$

$$\varphi_1 = 300 \text{ ვ}$$

7. $\varphi_1' - ? \quad \varphi_2' - ?$

$$r_1 = 6 \text{ სმ} = 0,06 \text{ მ}$$

$$\varphi_1 = 300 \text{ ვ}$$

$$r_2 = 4 \text{ სმ} = 0,04 \text{ მ}$$

$$\varphi_2 = 900 \text{ ვ}$$

აძომბსნა:

$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{r_1}; \quad \varphi_2 = \frac{kq_2}{r_2}$$

$$q_1 = \frac{\varphi_1 r_1}{k}; \quad q_2 = \frac{\varphi_2 r_2}{k}$$

$$q_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ კ}; \quad q_2 = 4 \cdot 10^{-9} \text{ კ};$$

$$\varphi_1' = \frac{kq_1'}{r_1}; \quad \varphi_2' = \frac{kq_2'}{r_2}; \quad \varphi_1' = \varphi_2'$$

$$\frac{q_1'}{r_1} = \frac{q_2'}{r_2}; \quad \frac{q_1'}{6} = \frac{q_2'}{4}; \quad q_1' = 1,5q_2'$$

მუხტის შენახვის კანონიდან

$$q_1 + q_2 = q_1' + q_2'; \quad q_2' = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ კ}; \quad q_1' = 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$\varphi_1' = \varphi_2' = 540 \text{ ვ}$$

8. $E - ?$

$$m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ კგ}$$

$$q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$$

$$a = 1,6 \cdot 10^5 \text{ მ/წმ}^2$$

ამოხსნა:

$$F_{\text{ულ}} = q_p E \quad \text{ნიუტონის II კანონის თანახმად: } F = m_p a$$

$$F_{\text{ულ}} = F \quad q_p E = m_p a$$

$$E = \frac{m_p a}{q_p} = 1,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{ნ}}{\text{კ}}$$

9. $\varphi_1 - \varphi_2 - ?$

$$v_1 = 3 \cdot 10^7 \text{ მ/წმ}$$

$$v_2 = 1 \cdot 10^7 \text{ მ/წმ}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ კგ}$$

ამოხსნა:

$$A = \Delta W_{\text{კინ}}; \quad \Delta W_{\text{კინ}} = W_{\text{კინ2}} - W_{\text{კინ1}}$$

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

ველის მიერ შესრულებული მუშაობა

$$A = e(\varphi_1 - \varphi_2); \quad \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = e(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2e} = 2,275 \text{ კვ}$$

10. $F - ?$

$$r = 80 \text{ სმ} = 0,8 \text{ მ}$$

$$q = 1,5 \text{ ნკ} = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$\varphi = 0,43 \text{ კვ} = 430 \text{ ვ}$$

ამოხსნა:

$$F = k \frac{Q \cdot q}{r^2}; \quad \varphi = k \frac{Q}{r} \quad \text{აქედან,}$$

$$Q = \frac{\varphi r}{k} \quad \text{მაშინ, } F = \frac{k\varphi r q}{kr^2} = \frac{\varphi \cdot q}{r}$$

$$F = 0,8 \text{ მკნ}$$

11. $\varphi - ?$

$$q = 2,4 \text{ ნკ} = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$$

$$A = 72 \text{ ნკ} = 7,2 \cdot 10^{-8} \text{ ჯ}$$

ამოხსნა:

$$A = q(\varphi_{\infty} - \varphi)$$

$$\varphi_{\infty} - \varphi = \frac{A}{q}; \quad \varphi_{\infty} = 0$$

$$\varphi = -\frac{A}{q} = -30 \text{ ვ}$$

2.19. შიშაჯამებელი ბაკვეთილი

1. ლითონის ბადე ახდენს ელექტრული ველის ეკრანირებას.
2. 3.
3.
 1. – დ
 2. – ა
 3. – გ
 4. – ე
 5. – ბ
- 4.

ფიზიკური სიდიდეები	ფორმულები	
	ერთგვაროვანი ელექტრული ველი	ნერტილოვანი მუხტის ელექტრული ველი
ელექტრული ძალა	$F = qE$	$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$
ელექტრული ველის დაძაბულობა	$E = \frac{U}{d}$	$E = \frac{kq}{r^2}$
მუხტების პოტენციალური ენერჯია	$W = qEd$	$W = \frac{kq_1q_2}{r}$
ელექტრული ველის მუშაობა	$A = qEd$	$A = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r_1} - k\frac{q_1 \cdot q_2}{r_2}$
პოტენციალი	$\varphi = Ed$	$\varphi = \frac{kq}{r}$

ელექტრული ველის ეკრანირების კვლევა

კომპლექსური დავალება, რომლითაც მოსწავლე კიდევ უფრო უკეთესად გაიაზრებს გამტარების ეკრანირების თვისებას ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებისას.

მოსწავლე თვითნაკეთი „ფარადეის გალიის“ საშუალებით დააკვირდება ელექტრული ველის თვისებებს. ამისთვის განკუთვნილია ორი ექსპერიმენტი.

I.

შენიშვნა: ყუთს შესაძლებელია ფოლგის ფურცელი მხოლოდ გარედან შემოახვიონ და ორი ფენა დაჭირდეს.

დასკვნა: ფოლგა – ალუმინის თხელი ფურცელი გამტარია. გამტარის შიგნით ელექტრული ველი ვერ აღწევს. ამიტომ ტელეფონი, რომელიც ელექტრომაგნიტურ ტალღებს ლეზულობს ელექტროსტატიკური დაცვისას სიგნალს ვერ მიიღებს.

II.

დასკვნა: ელექტრული ველი ვრცელდება ნებისმიერ გარემოში. აქედან გამომდინარე ის ვრცელდება გალიის გარეთ, ხოლო ლითონის გალიის შიგნით ელექტრული ველის დაძაბულობა ნულის ტოლია. ლითონის ბადე ახდენს ელექტრული ველის ეკრანირებას.

2.20. ელექტროთევადობა. კონდენსატორი

ცნებები. ელექტროთევადობა, კონდენსატორი

ფორმულა: $C = \frac{q}{\phi}$; $C = \frac{r}{k}$

$C = \frac{q}{\phi} = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$, სადაც R – სფეროს რადიუსია, $\epsilon_0 = 8,5 \cdot 10^{-12} \text{ კ}^2/\text{ნმ}^2$, ϵ – დიელექტრიკული შეღწევალობა.

ელექტროთევადობის ერთეულია $[C] = 1 \text{ ფარადი (ფ)} = 1 \frac{\text{კ}}{\text{ვ}}$

► **მკვიდრი ნარმოდგენები.** ელექტროთევადობა აქვს განმხოლოებულ გამტარს და ორი გამტარი ფირფიტისაგან შემდგარ მონყობილობას.

კონდენსატორი არის მუხტებისა და ენერგიის დამგროვებელი ხელსაწყო.

კონდენსატორები სხვადასხვა ტიპისაა. განასხვავებენ კონდენსატორებს ფორმის და მასში მოთავსებული დიელექტრიკის მიხედვით.

ბრტყელი კონდენსატორი შედგება ორი ფირფიტისგან, რომელთა შორის დიელექტრიკია მოთავსებული.

შენიშვნა: სახელმძღვანელოში მოცემული კონდენსატორების ტიპების გარდა ტევადობის მიხედვით შეიძლება იყოს მუდმივი $||$ ან ცვლადი \neq ტევადობის კონდენსატორები.

ბაზრება:

1. ჰაერში $\epsilon = 1$, სფეროების ელექტროთევადობის ფორმულის $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$ მიხედვით ტოლი რადიუსების შემთხვევაში რკინისა და ალუმინის სფეროების ელექტროთევადობები ერთნაირი იქნება.

2. სქემაზე სრულყოფილად არის მოცემული კონდენსატორის სახეები ფორმისა და მასში მოთავსებული დიელექტრიკის მიხედვით. გარდა სქემაზე გამოსახულისა, ასევე არსებობს ქარსის, პოლისტიროლის, ჰაერიანი კონდენსატორები. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჰაერიანი კონდენსატორი, რომლის მოდელი ყველა სკოლაში მოიპოვება.

მოსწავლეები მსჯელობენ კონდენსატორების მონყობილობაზე და მიდიან დასკვნამდე, რომ ყველა კონდენსატორი შეიცავს შემონაფენებს და მათ შორის მოთავსებულია დიელექტრიკის ფენა.

საშინაო დავალება:

1. $q - ?$ $C = 58 \text{ მკფ} = 58 \cdot 10^{-6} \text{ ფ}$ $U = 50 \text{ ვ}$	ამოხსნა: $C = \frac{q}{U}$ $q = CU = 58 \cdot 10^{-6} \text{ ფ} \cdot 50 \text{ ვ} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ კ}$
---	---

2. $C - ?$ $U = 50 \text{ ვ}$ $q = 200 \text{ მკკ} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ კ}$	ამოხსნა: $C = \frac{q}{U} = 4 \text{ მკფ}$
---	---

2.21. ელექტროდინამიკის ექსპერიმენტული კვლევა

I. ექსპერიმენტის მიზანი:

სფეროებზე გადაცემულ მუხტსა და მათ რადიუსებს შორის დამოკიდებულების კვლევა, როცა ორივეს პოტენციალი ერთმანეთის ტოლია, $\varphi_1 = \varphi_2$.

მოვლენის აღწერა. ხახუნით დამუხტული ებონიტის ლეროს ერთხელ შეხებით მუხტი გადავეცით მცირერადიუსიან სფეროს. დამუხტული სფერო იზოლატორიანი გამტარით შევაერთეთ ელექტრომეტრის ბურთულასთან. ელექტრომეტრის ისრის გადახრის კუთხით შევაფასეთ სფეროს პოტენციალი. დამუხტული ებონიტის ლერო კვლავ დავმუხტეთ ხახუნით და ერთხელ შეხებით მუხტი გადავეცით დიდი რადიუსის მქონე სფეროს. სფერო იზოლატორიანი გამტარით შევაერთეთ განმუხტულ ელექტრომეტრთან და ისრის გადახრის კუთხით შევაფასეთ ამ სფეროს პოტენციალი. პოტენციალი მასზე აღმოჩნდა უფრო მცირე, ვიდრე მცირერადიუსიან სფეროზე. ებონიტის ლერო დავმუხტეთ რამდენჯერმე და გადავეცით მუხტი დიდი რადიუსის მქონე სფეროზე, ვიდრე მისი პოტენციალი არ გაუტოლდა მცირე სფეროს პოტენციალს.

დასკვნა. ერთნაირი პოტენციალის შექმნისთვის დიდ სფეროს უფრო მეტი მუხტის გადაცემა სჭირდება, ვიდრე მცირე რადიუსის მქონე სფეროს.

II. ექსპერიმენტის მიზანი:

კონდენსატორის ელექტროტევადობის შემონაფენებს შორის მანძილსა და მათ შორის მოთავსებულ დიელექტრიკზე დამოკიდებულების გამოკვლევა.

მოვლენის აღწერა. დაუმუხტავი კონდენსატორის ერთი შემონაფენი სადენით შევაერთეთ ელექტრომეტრის ბურთულასთან, მეორე შემონაფენი – ელექტრომეტრის კორპუსთან. შალზე ხახუნით დამუხტული ებონიტის ლერო შევახეთ ელექტრომეტრის იმ ფირფიტას, რომელიც ელექტრომეტრის ბურთულასთან არის შეერთებული. ელექტრომეტრის ისრის გადახრის კუთხის მიხედვით შევაფასეთ ამ ფირფიტის პოტენციალი.

ფირფიტებს შორის მანძილი გავზარდეთ ორჯერ და შევაფასეთ ელექტრომეტრის ისრის გადახრის კუთხით პოტენციალთა სხვაობა ფირფიტებს შორის. პოტენციალთა სხვაობა ფირფიტებს შორის მანძილის გაზრდით იზრდება.

მოვათავსეთ დამუხტული კონდენსატორის ფირფიტებს შორის ორგანული მინის (დიელექტრიკის) ფირფიტა. შემონაფენებს შორის პოტენციალთა სხვაობა შემცირდა.

დასკვნა. ელექტროტევადობა $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$. ფირფიტების დაშორებისას პოტენციალთა სხვაობა გაიზარდა, ე.ი. კონდენსატორის ტევადობა შემცირდა.

დიელექტრიკის მოთავსებით პოტენციალთა სხვაობა შემცირდა, ე.ი. კონდენსატორის ტევადობა გაიზარდა. ვასკვნით, რომ კონდენსატორის ტევადობა პირდაპირპროპორციულია დიელექტრიკული შეღწევადობისა და უკუპროპორციულია შემონაფენებს შორის მანძილის. $C \sim \frac{\epsilon}{d}$

2.22. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა

ცნებები: კონდენსატორის მუხტი, კონდენსატორის შემონაფენები, ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა.

ფორმულა: $C = \frac{\epsilon \cdot \epsilon S}{d}$

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა პირდაპირპროპორციულია შემონაფენის ფართობისა და დიელექტრიკის დიელექტრიკული შეღწევადობის, უკუპროპორციულია შემონაფენებს (ფირფიტებს) შორის მანძილის.

გააზრება:

ა) ფირფიტებს შორის სხვა დიელექტრიკის მოთავსებისას კონდენსატორის ტევადობა იცვლება, ვინაიდან ტევადობა პირდაპირპროპორციულია დიელექტრიკის დიელექტრიკული შეღწევადობის. რაც უფრო მეტია დიელექტრიკის დიელექტრიკული შეღწევადობა, მით მეტი იქნება კონდენსატორის ტევადობა. ამიტომ კონდენსატორებისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს დიელექტრიკის არჩევას.

ბ) ფირფიტებს შორის მოთავსებისას დიელექტრიკი პოლარიზდება, რაზედაც იხარჯება მუხტების (დენის) წყაროს ენერგია. კონდენსატორის ფირფიტა წყაროდან იზიდავს მუხტებს, ამიტომ ელექტროსკოპზე მუხტების რაოდენობა მცირდება და ელექტროსკოპის ფურცლები ქვემოთ იწევის. კონდენსატორის ტევადობა იზრდება მასზე მუხტების ზრდის გამო.

საშინაო დავალება:

<p>1. $C - ?$</p> <p>$S = 0,1 \text{ მ}^2$</p> <p>$d = 1 \text{ მმ} = 10^{-3} \text{ მ}$</p> <p>$\epsilon = 2$</p> <p>$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{კ}^2}{\text{მ} \cdot \text{მ}^2}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$</p> <p>$C = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 0,1}{10^{-3}} \approx 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ ფ} \approx 1,8 \text{ ნფ}$</p>
--	---

<p>2. $d - ?$</p> <p>$C = 46 \text{ პკფ} = 46 \cdot 10^{-12} \text{ ფ}$</p> <p>$S = 520 \text{ სმ}^2 = 520 \cdot 10^{-4} \text{ მ}^2$</p> <p>$\epsilon = 1$</p> <p>$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{კ}^2}{\text{მ} \cdot \text{მ}^2}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}; \quad d = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{C}$</p> <p>$d = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 520 \cdot 10^{-4}}{46 \cdot 10^{-12}} = 100 \cdot 10^{-4} \text{ მ} = 1 \text{ სმ}$</p>
---	---

2.23. კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგია

ცნება. კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგია. ელექტრული ველის ენერგიის სიმკვრივე.

ფორმულები:

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

$$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} sd$$

$$w = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} .$$

► **მკვიდრი წარმოდგენები.** კონდენსატორი აგროვებს მუხტებს. მუხტები ქმნიან ელექტრულ ველს, რომელსაც შეუძლია შეასრულოს მუშაობა. ამგვარად, კონდენსატორი აგროვებს ელექტრულ ენერგიას.

დამუხტული კონდენსატორის ელექტრული ენერგია შესაძლებელია გამოიყენონ სხვადასხვა და-ნიშნულებით.

კონდენსატორით დაგროვილი ელექტრული ენერგია მყისიერად გარდაიქმნება სხვა (მაგ., სინათ-ლის, ელექტრომაგნიტური რხევების, მექანიკურ) ენერგიად.

ბაზრება:

აზრობრივი ექსპერიმენტის მიზანია მოსწავლეებმა სურათზე მოცემული ხელსაწყოების ჩვენების მიხედვით გამოთვალონ კონდენსატორზე დაგროვილი მუხტი და შედეგად კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგია.

აგრეთვე, რეალური ექსპერიმენტის ჩატარების გარეშე მოსწავლეს წარმოდგენა შეექმნას, რო-გორ შეიძლება გამოითვალოს აღნიშნული ფიზიკური სიდიდეები სურათზე მოცემული სიტუაციის მიხედვით.

q – ? W – ?	ამოხსნა:
C = 100 პფ = 100 · 10 ⁻¹² ფ = 1 · 10 ⁻¹⁰ ფ	q = CU = 300 · 10 ⁻¹⁰ = 3 · 10 ⁻⁸ კ
U = 300 ვ	1) W = $\frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{10^{-10} \cdot 9 \cdot 10^4}{2} = 4,5 \cdot 10^{-6}$ ჯ
	2) W = $\frac{q^2}{2C} = \frac{9 \cdot 10^{-16}}{2 \cdot 10^{-10}} = 4,5 \cdot 10^{-6}$ ჯ

საშინაო დავალება:

1. W – ?	ამოხსნა:
U = 100 ვ	W = $\frac{CU^2}{2} = 10^{-3}$ ჯ = 1 მჯ
C = 0,2 მკფ = 0,2 · 10 ⁻⁶ ფ	
2. C – ?	ამოხსნა:
q = 300 ნკ = 300 · 10 ⁻⁹ კ	W = $\frac{q^2}{2C}$
W = 3 მკჯ = 3 · 10 ⁻⁶ ჯ	C = $\frac{q^2}{2W}$; C = $\frac{(300 \cdot 10^{-9})^2}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}} = 15 \cdot 10^{-9}$ ფ = 15 ნფ

2.24. კონდენსატორების შეერთება

ცნებები. კონდენსატორის ბატარეა. კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთება.

კონდენსატორების პარალელური შეერთება.

კონდენსატორების საერთო (ეკვივალენტური) ელექტროტევადობა.

ფორმულები:

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

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

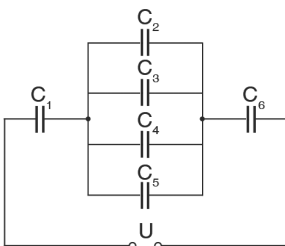
► **მკვიდრი წარმოდგენები.** კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას საერთო ელექტროტევადობა იზრდება, კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებისას საერთო ელექტროტევადობა მცირდება.

კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას ბატარეის შემონაფენების ფართობი იზრდება, მათ შორის მანძილის შეუცვლელად. ამით იზრდება კონდენსატორების შემონაფენებზე მუხტების რაოდენობა, რომელიც შეიძლება მათზე მოთავსდეს. ტევადობის განმარტების მიხედვით, რაც უფრო მეტი მუხტი გროვდება შემონაფენებზე, მით მეტია მისი ტევადობა $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ ფორმულის მიხედვით კონდენსატორის ელექტროტევადობა შემონაფენების ფართობის გაზრდით იზრდება.

კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებისას ბატარეის ფირფიტებს შორის მანძილი იზრდება მათი ფართობების შეუცვლელად. ამიტომ, იმავე ფორმულის მიხედვით, საერთო ელექტროტევადობა უნდა შემცირდეს.

რაც უფრო ახლოს არის კონდენსატორის ფირფიტები ერთმანეთთან, კულონის კანონის თანახმად, მით მეტია მათ შორის ურთიერთქმედების ძალა და შესაბამისად ველის დაძაბულობა. ამიტომ მეტი იქნება კონდენსატორის ტევადობა.

ბაზრება:



1. კონდენსატორები C_2, C_3, C_4, C_5 შეერთებულია პარალელურად, პარალელურად შეერთებული ეს კონდენსატორები მიმდევრობით არიან შეერთებული C_1 და C_6 კონდენსატორებთან.

შერეულად შეერთებული კონდენსატორების საერთო ტევადობის გამოსათვლელად, ჯერ ითვლება პარალელურად შეერთებული კონდენსატორების საერთო ტევადობა – C_3 -ს და შემდეგ C_1, C_3 და C_6 მიმდევრობით შეერთებული კონდენსატორების საერთო ელექტროტევადობა.

2. $\frac{C_3 - ? \quad C_6 - ?}{C_1 = C_2 = C_3 = C}$

ამოხსნა:

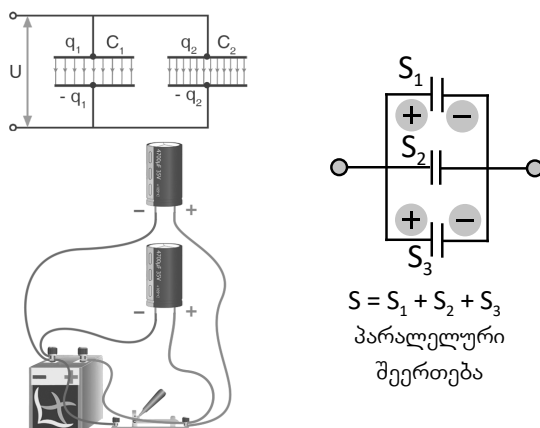
$$C_3 = C_1 + C_2 + C_3 = 3C$$

$$\frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}; \quad C_3 = \frac{C}{3}$$

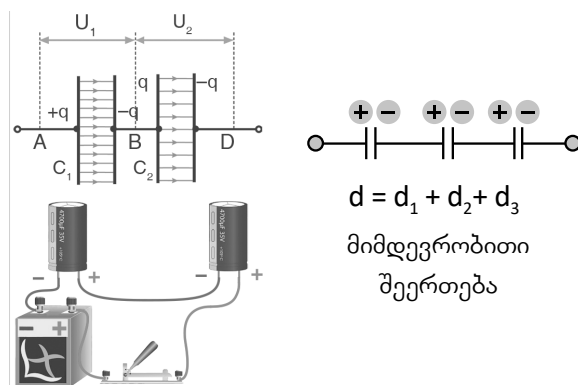
$$C_3 = 9C_6$$

3. კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას ყველა კონდენსატორის ერთნაირნიშნინი ფირფიტები ერთმანეთთანაა შეერთებული. ამის გამო კონდენსატორების შემონაფენების საერთო ფართობი იზრდება, რაც მათზე მეტი მუხტის დაგროვების საშუალებას იძლევა. საერთო შემონაფენებს შორის მანძილი კი თითოეული კონდენსატორის შემონაფენებს შორის მანძილის ტოლია,

ანუ მანძილი შემონაფენებს შორის რჩება იგივე, რაც ერთი კონდენსატორისთვისაა. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობის ფორმულის თანახმად, ტევადობა შემონაფენის ფართობის პირდაპირპროპორციულია. ეს ნიშნავს იმას, რომ კონდენსატორების საერთო ტევადობა პარალელური შეერთებისას იზრდება.



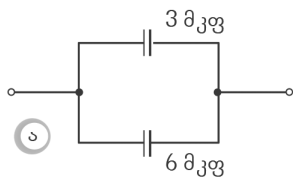
კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებისას მუხტების წყაროსთან უშუალოდ აერთებენ კონდენსატორების ბატარეის მხოლოდ კიდურა შემონაფენებს. ამით კონდენსატორების საერთო შემონაფენის ფართობი იგივე რჩება, რაც აქვს ერთ კონდენსატორს, მაგრამ კონდენსატორების საერთო მანძილი შემონაფენებს შორის იზრდება იმდენჯერ, რამდენი კონდენსატორიც არის შეერთებული მიმდევრობით. ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობის ფორმულის თანახმად, ტევადობა უკუპროპორციულია შემონაფენებს შორის მანძილისა. ეს ნიშნავს იმას, რომ კონდენსატორების საერთო ტევადობა მიმდევრობითი შეერთებისას მცირდება.



საშინაო დავალება:

1. ა) $C = ?$
 $C_1 = 3 \text{ მკფ}$
 $C_2 = 6 \text{ მკფ}$

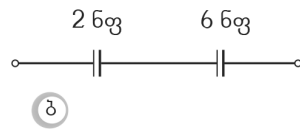
ამოხსნა:



$C = C_1 + C_2 = 9 \text{ მკფ}$

ბ) $C - ?$
 $C_1 = 2 \text{ ნფ}$
 $C_2 = 6 \text{ ნფ}$

ამოხსნა:



$$\frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2 \cdot 6}{2 + 6} = \frac{12}{8} = 1,5 \text{ ნფ}$$

2. $\frac{C'_1}{C'_2} - ?$
 $C_1 = 3 \text{ მფ}$
 $C_2 = 5 \text{ ნფ}$

ამოხსნა:

$$C'_1 = C_1 + C_2 = 8 \text{ ნფ} \quad \text{პარალელური შეერთებისას}$$

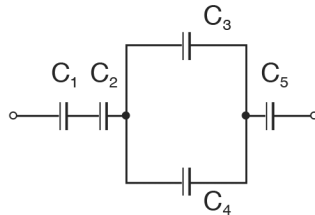
$$C'_2 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3 \cdot 5}{8} = \frac{15}{8} = 1,875 \text{ ნფ} \quad \text{მიმდევრობითი შეერთებისას}$$

$$\frac{C'_1}{C'_2} = \frac{8}{1,875} \approx 4,27$$

პარალელური შეერთებისას საერთო ტევადობა დაახლოებით 4,27-ჯერ მეტია, ვიდრე მიმდევრობით შეერთებისას.

3. $C - ?$
 $C_1 = C_2 = C_5 = 4 \text{ მკფ}$
 $C_3 = C_4 = 2 \text{ მკფ}$

ამოხსნა:



1. პარალელური შეერთებისას $C_3 = C_3 + C_4 = 4 \text{ მკფ}$

2. მიმდევრობითი შეერთებისას

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_5}; \quad C_1 = C_2 = C_3 = C_5 = 4 \text{ მკფ}$$

ამიტომ $\frac{1}{C} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{4}{4}$

$C = 1 \text{ მკფ.}$

შენიშვნა:

1) კითხვები, რომლებიც შეიძლება დაისვას კონდენსატორის მუშაობის პრინციპის გააზრებისთვის.

ა) რა დამოკიდებულებაა ელექტროტევადობასა და კონდენსატორის მახასიათებელ სიდიდეებს შორის?

ბ) როგორ იცვლება კონდენსატორების პარალელური შეერთებისას შემონაფენების საერთო ფართობი? საერთო მანძილი შემონაფენებს შორის (იხსჯელე სახელ. სურ. 113-ის მიხედვით)?

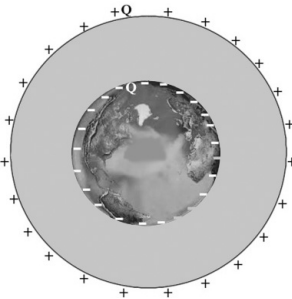
გ) როგორ აისახება შემონაფენების ფართობის ცვლილება კონდენსატორების საერთო ელექტროტევადობაზე?

დ. როგორ იცვლება კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთებისას საერთო მანძილი შემონაფენებს შორის? შემონაფენების საერთო ფართობი (იმსჯელე სახელ. სურ. 114-ის მიხედვით).

როგორ აისახება შემონაფენებს შორის საერთო მანძილის ცვლილება კონდენსატორების საერთო ელექტროტევადობაზე?



2) კონდენსატორებს პრაქტიკულად ყველა თანამედროვე მონყობილობებში იყენებენ: მაგ., ელექტროძრავებში, ავტომობილებში, ტუმბოებში, კონდიციონერებში, მაცივრებში, მობილურ ტელეფონებში, სმარტფონებში. ამ ხელსაწყოებისათვის საჭირო კონდენსატორების შერჩევასა და ითვალისწინებენ მათ ფუნქციურ შესაძლებლობებს. ზოგიერთი კონდენსატორის ტიპი გამოიყენება ფართო მოხმარებისთვის, ზოგი მხოლოდ სპეციალური მოხმარებისთვის არის განკუთვნილი. მაგალითად, კონდენსატორის განმუხტვისას მიღებული დენის იმპულსით მკურნალობენ გულის ზოგიერთ დაავადებას. ამისთვის ორგანიზმში ატარებენ დენის იმპულსს (დროის მცირე ინტერვალში), რომელიც კონდენსატორის განმუხტვისას მიიღება. ეს ხელსაწყოა დეფიბრილატორი, რომელსაც იყენებენ ელექტრორიმპულსური თერაპიისას გულის რითმის დარღვევის დროს.



3) ელექტროენერჯის ალტერნატიული წყაროს ძებნამ ბოლო ათწლეულების განმავლობაში მასიური ხასიათი მიიღო, მათ შორის ერთ-ერთი პოპულარული არის ატმოსფერული ელექტრობის გამოყენება. ელვაზე დაკვირვების შედეგად ბევრს გაუჩნდა იდეა ამ ელექტრული ენერჯის ყოფა-ცხოვრებაში გამოყენების შესახებ. თანამედროვე წარმოდგენით, დედამიწა უზარმაზარი სფერული ფორმის დამუხტული კონდენსატორია, რომელიც თავის გარშემო ქმნის ელექტრულ ველს. იონოსფერო დამუხტულია დადებითად, დედამიწა უარყოფითად, ხოლო ატმოსფერო დიელექტრიკია, რომელიც მათ შორის არის მოთავსებული. დედამიწის ელექტროტევადობა ვარაუდობენ, რომ არის 700 მკფ ან 1 ფ. ასეთი გაურკვეველობა ზუსტი გაანგარიშების საფუძველს არ იძლევა. როგორც ყველა რეალურ კონდენსატორში მთელ დედამიწის ზედაპირზე გადათვლილთ გაჭონვის დენი 1800 ამპერია. ეს მონაცემი იმაზე მიუთითებს, რომ დედამიწის კონდენსატორი 8-10 წთ-ში შეიძლება განიმუხტოს და გაქრეს ელექტრული ველი. თანამედროვე მეცნიერება ვერ ხსნის რა მექანიზმით შეიძლება შეივსოს ამ კონდენსატორის მუხტი, მიუხედავად იმისა, რომ ამის შესახებ ბევრი მოსაზრება არსებობს. მუხტების გენერატორად თვლიან ელვასა და გეოფიზიკურ მოვლენებს, მზის ქარს, მაგრამ დღეს მეცნიერებმა მაინც ზუსატად არ იციან საიდან ივსება ბუნებრივი კონდენსატორის მუხტი. ამასთან, რა ზიანსა და რა სიკეთეს მოუტანს კაცობრიობას ამ ენერჯის გამოყენება არავინ იცის. ამიტომ ამ კონდენსატორის გამოყენებისგან ყველა თავს იკავებს.

2.25. ამოხსნების ამოხსნა

<p>1. $\epsilon - ?$</p> <p>$U_1 = 60 \text{ ვ}$</p> <p>$U_2 = 20 \text{ ვ}$</p> <p>$\epsilon_3 \approx 1$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>E_1 დაძაბულობა ჰაერში $E_1 = \frac{U_1}{d}$</p> <p>E_2 დაძაბულობა დიელექტრიკში $E_2 = \frac{U_2}{d}$</p> <p>რადგან, $\epsilon_3 \approx 1$; $\epsilon = \frac{E_1}{E_2}$</p> <p>$\epsilon = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = 3$</p>
--	--

<p>2. $d - ?$</p> <p>$S = 157 \text{ სმ}^2 = 157 \cdot 10^{-4} \text{ მ}^2$</p> <p>$\epsilon = 2$</p> <p>$C = 80 \text{ პფ} = 8 \cdot 10^{-11} \text{ ფ}$</p> <p>$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{კ}^2}{\text{მ} \cdot \text{ვ}}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$</p> <p>$d = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{C} = 0,0035 \text{ მ} = 3,5 \text{ მმ}$</p>
---	---

<p>3. $\frac{W_1}{W_2} - ?$</p> <p>$d_2 = 3d_1$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>ა) როდესაც კონდენსატორი გამორთულია ძაბვის წყაროდან, მაშინ $q = \text{const}$</p> <p>$W_1 = \frac{q^2}{2C_1}$; $W_2 = \frac{q^2}{2C_2}$, სადაც $C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d_1}$ და $C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d_2}$</p> <p>საიდანაც ჩანს, რომ $C_1 = 3C_2$, ამიტომ $W_2 = 3W_1$.</p> <p>$\frac{W_1}{W_2} = \frac{1}{3}$</p> <p>ბ) როდესაც კონდენსატორი შეერთებულია ძაბვის წყაროსთან, მაშინ</p> <p>$U = \text{const}$, $W_1 = \frac{C_1 U^2}{2}$; $W_2 = \frac{C_2 U^2}{2}$, საიდანაც ჩანს, რომ</p> <p>$W_1 = 3W_2 \frac{W_1}{W_2} = 3$</p>
---	--

<p>4. U_1; $\frac{U_2}{U_1} - ?$</p> <p>$C_1 = 500 \text{ პფ} = 5 \cdot 10^{-10} \text{ ფ}$</p> <p>$q = 1 \text{ ნკ} = 10^{-9} \text{ კ}$</p> <p>$d_2 = 2d_1$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>$U_1 = \frac{q}{C_1}$</p> <p>$U_1 = \frac{qd_1}{\epsilon_0 \epsilon S} = 2 \text{ ვ}$</p> <p>$U_2 = \frac{qd_2}{\epsilon_0 \epsilon S} = \frac{2qd_1}{\epsilon_0 \epsilon S}$ $U_2 = 2U_1 = 4 \text{ ვ}$</p> <p>$\frac{U_2}{U_1} = 2$</p>
--	---


5. $\varepsilon - ?$
 $S = 500 \text{ სმ}^2 = 0,05 \text{ მ}^2$
 $d = 0,1 \text{ მმ} = 10^{-4} \text{ მ}$
 $C = 17,7 \text{ ნკვ} = 17,7 \cdot 10^{-9} \text{ ფ}$

ამოხსნა:
 $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$
საიდანაც $\varepsilon = \frac{d \cdot C}{\varepsilon_0 S} = 4$

6. $\frac{C_2}{C_1} - ?$
 $\varepsilon_1 = 2,1$
 $\varepsilon_2 = 6$

ამოხსნა:
 $C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S}{d}; \quad C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_2 S}{d}$
 $\frac{C_2}{C_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{6}{2,1} \approx 2,86$
 $C_2 = 2,86 C_1$

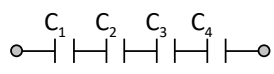
7. $C - ?$
 $C_1 = 2 \text{ მკვ}$
 $C_2 = 6 \text{ მკვ}$

ამოხსნა:

 $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{12}{8} = 1,5$
 $C = 1,5 \text{ მკვ}$

8. $\frac{W_1}{W_2} - ?$
 $d_2 = 3d_1$
 $q_2 = \frac{q_1}{2}$

ამოხსნა:
 $W_1 = \frac{q_1^2}{2C_1} \quad W_2 = \frac{q_2^2}{2C_2}$
 $C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S}{d_1} \quad C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_2 S}{d_2}$
 $\frac{W_1}{W_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2} \cdot \frac{C_2}{C_1} = \frac{q_1^2}{q_2^2} \cdot \frac{d_1}{d_2} = \frac{4}{3}$

9. $C - ?$
 $C_0 = 16 \text{ მკვ} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ ფ}$
 $n = 4$

ამოხსნა:

გაჭრამდე $C_0 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$
გაჭრის შემდეგ $S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = \frac{S}{4}$
 $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{4d}$
საერთო ტევადობა $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{4}{C_1}$
 $C = \frac{C_1}{4} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{4 \cdot 4d} = \frac{C_0}{16} = \frac{16 \cdot 10^{-6}}{16} = 1 \text{ მკვ}$

<p>10. $W - ?$</p> <p>$\epsilon = 2$</p> <p>$W_0 = 20 \text{ მკვჯ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> $W_0 = \frac{q_0^2}{2C_0} = \frac{C_0 U_0^2}{2} \quad C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ <p>დიელექტრიკის მოთავსების შემდეგ $C = \epsilon C_0$</p> $W_1 = \frac{q_0^2}{2\epsilon C_0} = \frac{W_0}{\epsilon}; \quad W_1 = \frac{20 \text{ მკვჯ}}{2} = 10 \text{ მკვჯ}$ <p>დენის წყაროსთან შეერთების შემდეგ</p> $W = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{\epsilon C_0 U_0^2}{2} = 2W_0 = 2 \cdot 20 = 40 \text{ მკვჯ}$
--	---

<p>11. $U - ?$</p> <p>$q = 0,3 \text{ ნკ} = 0,3 \cdot 10^{-9} \text{ კ}$</p> <p>$C = 10 \text{ პფ} = 10 \cdot 10^{-12} \text{ ფ} = 1 \cdot 10^{-11} \text{ ფ}$</p> <p>$U_0 = 0$</p> <p>$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$</p> <p>$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ კგ}$</p>	<p>ამოხსნა:</p> <p>კინეტიკური ენერჯის თეორემის თანახმად</p> $\frac{mU^2}{2} - 0 = A; \quad A = eU; \quad U = \frac{q}{C},$ <p>მაშინ ენერჯის მუდმივობის კანონის თანახმად: $\frac{mU^2}{2} = \frac{eq}{C}$.</p> <p>აქედან, $U = \sqrt{\frac{2eq}{mC}} \approx 0,32 \cdot 10^7 = 3,2 \cdot 10^6 \text{ მ/წმ}$</p>
---	--

2.26. შებენიანი ბაკვეთილი

1. $U = U_1 + U_2 \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ (მიმდევრობითი)

$U = U_1 = U_2 \quad C = C_1 + C_2$ (პარალელური)

2.

1. - გ

2. - ვ

3. - ე

4. - ა

5. - ბ

6. - დ

ელექტროტევადობის კვლევა. კონდენსატორის მოდელი.

მოცემული დავალება შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს, როგორც კომპლექსური დავალება. მოსწავლეები ინდივიდუალურად ამზადებენ კონდენსატორის მოდელს სახელმძღვანელოში მოცემული მითითებების მიხედვით. შეუძლიათ აირჩიონ მათთვის მისაღები ვარიანტი.

ამავე დროს, გასათვალისწინებელია ელექტრულ დენთან მუშაობის უსაფრთხოების წესები. ამიტომ სახელმძღვანელოში მოცემული ექსპერიმენტებისთვის რეკომენდაციას ვიძლევიტ დამზადდეს კონდენსატორები მათი დამუხტვის გარეშე. ჩატარდეს თვითნაკეთი კონდენსატორების ორგვარი შეერთების მოდელის დემონსტრირება.

გარდა სახელმძღვანელოში მოცემულისა, გთავაზობთ კონდენსატორის მოდელის დამზადების სხვა ვარიანტს, რომელიც შეიძლება დაინტერესებულმა მოსწავლეებმა განახორციელონ.

კონდენსატორების დამუშავა და მათი გამოყენებით ექსპერიმენტები უნდა ჩატარდეს მხოლოდ მასწავლებლის მეთვალყურეობით.

როგორ გავაკეთოთ კონდენსატორი

საჭირო მასალები:

1. ალუმინის ფოლგა. ორი რულონი. სასურველია, ფოლგას ჰქონდეს შემდეგი მახასიათებლები: სიგანე 50 მმ (უმჯობესია ცოტათი ვიწრო, მაგალითად, 48 მმ), სისქე 50 მკმ, სიგრძე 25მ. მაგალითად. პროდუქტი გამოსახული სურ. 1.



2. პოლიპროპილენის ორმხრივი სკოჩი. სასურველია, სკოჩს ჰქონდეს შემდეგი მახასიათებლები: სიგანე 50-55 მმ, სისქე 50 მკმ, სიგრძე 25 მ. მაგალითად, პროდუქტი გამოსახული სურ. 2.



3. ქალაღის სკოჩი, ორი რულონი. სასურველია, სკოჩს ჰქონდეს შემდეგი მახასიათებლები: სიგანე 50-55 მმ, სისქე 50 მკმ, სიგრძე 25 მ. მაგალითად, პროდუქტი გამოსახული სურ. 3.



4. სამონტაჟო მოქნილი ორი გამტარი (სასურველია, წითელი და ლურჯი ფერის), სიგრძე დაახლოებით 1 მეტრი თითოეულის. განივკვეთი არა უმეტეს 1 მმ. მასალა სპილენძი.

კონდენსატორის დამზადება.

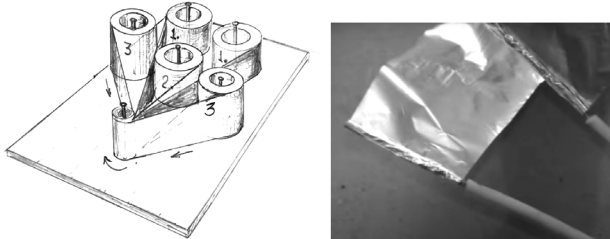
მოცემული მასალებით უნდა დავამზადოთ ხუთფენა სენდვიჩი, ფენების აგებულება უნდა იყოს ასეთი: შუაში მოთავსდება პოლიპროპილენის ორმხრივი სკოჩი. რომელსაც ორივე მხრიდან მიეკრობა ალუმინის ფოლგა. სპილენძის სამონტაჟო გამტარებს ერთი ბოლოდან 40-45 მმ სიგრძეზე მოაცილეთ იზოლაცია (გამოიყენეთ საკანცელარიო დანა ისე ფრთხილად, რომ სპილენძის გამტარი არ გადაიჭრას), გამტარის გასუფთავებული ნაწილი დაადეთ პოლიპროპილენის ორმხრივი სკოჩზე რომელიმე ერთ მხარეს მიკრულ ალუმინის ფოლგას და დააფიქსირეთ ქალაღის სკოჩის ნაჭერით. იგივე მოქმედება შეასრულეთ მეორე მხარეზე მინებებული ალუმინის ფოლგისათვის. შეამოწმეთ: ალუმინის ფოლგებით წარმოქმნილი პოლიპროპილენის ფირის შემონაფენები ერთმანეთს არ უნდა ეხებოდეს და თვით შემონაფენების გარედან საიმედოდ უნდა იყოს იზოლირებული, რისთვისაც ქალაღის სკოჩი გადააკარით გარედან ალუმინის ორივე კილიტას ისე, რომ არ დარჩეს ალუმინის

კლიტას დაუფარავი ზედაპირი. მიიღებთ ხუთი ფენიდან შედგენილ ბრტყელ სენდვიჩს. ის წარმოადგენს ბრტყელ კონდენსატორს, რომლის შემონაფენების ზომებია: სიგანე – 0,05 მ; სიგრძე – 25 მ; შესაბამისად შემონაფენების (ფირფიტების) ფართობია $S = 25 \times 0,05 = 1,25 \text{ მ}^2$; ფირფიტებს შირის და მანძილს განაპირობებს პოლიპროპილენის ორმხრივი სკოჩის სისქე. სურ. 2-ზე გამოსახული მასალისათვის ეს სისქეა 50 მიკრონი, ანუ $d = 5 \times 10^{-5} \text{ მ}$. პოლიპროპილენის დიელექტრიკული შეღწევადადობა $\epsilon = 2,2$. შესაბამისად, ჩვენ მიერ დამზადებული კონდენსატორის ტევადობა იქნება $C = 0.45$ მიკროფარადი. კონდენსატორის კომპაქტური ზომის მისაღებად მიღებული 25 მეტრის სენდვიჩის ზოლი მჭიდროდ დავახვიოთ ისე, რომ მივიღოთ ცილინდრული ფორმის ნაკეთობა, რასაც ფორმის შესანარჩუნებლად გარედან შემოახვიეთ ქალაღდის სკოჩი.

შენიშვნა: შესაძლოა, თავდაპირველად ამჯობინოთ პატარა მოდელის დამზადება, რისთვისაც საკმარისი იქნება არა 25 მეტრი სიგრძის ხუთფენიანი სენდვიჩის გაკეთება, რომელსაც გაბარიტების შესამცირებლად ცილინდრულად დახვევა ესაჭიროება, არამედ ამჯობინოთ მხოლოდ 5 სმ სიგანისა და იმავე სიგრძის ბრტყელი კონდენსატორის დამზადება. მაგრამ ასეთი კონდენსატორის ტევადობა სკოლის ლაბორატორიის პირობებში ძნელი გასაზომი იქნება მისი ძალიან მცირე ტევადობის გამო.

მოიფიქრეთ, როგორაა შესაძლებელი ხუთფენა სენდვიჩის ხუთივე ფენის ერთდროულად შეკონინება და იმავდროულად დახვევა, ცილინდრული ფორმის კონდენსატორის მისაღებად. შეიძლება დაგჭირდეთ მარტივი სამარჯვის დამზადება. მაგალითად, თხელი ხის ფიცრის ნაჭერი, რომელზეც ჩამაგრებთ ექვს ცალ გრძელ ლურსმანს ისე, რომ ხუთი ლურსმანი გამოიყენოთ მასალების რულონების ჩამოსაცმელად, ხოლო მეექვსე ლურსმანი მიღებული სენდვიჩის ზედ შემოსახვევად.

როცა დახვევას დაამთავრებთ, ალუმინის კლიტების ბოლოებზე მიამაგრეთ სამონტაჟო მოქნილი გამტარები გასუფთავებული ბოლოებით, შემოახვიეთ ნებოვანი ქალაღდის რამდენიმე ფენა გამტარების საიზოლაციოდ და კონდენსატორის ცენტრში დარჩენილი ლურსმნის ამოღება არ დაგავინყდეთ. (ძალიან მაგრად ნუ ჩააჭედებთ ლურსმნებს ფიცარში).



ტესტერით (მულტიმეტრით) შეამოწმეთ: კონდენსატორიდან გამოყვანილი მავთულები არ უნდა იყოს ერთმანეთთან ელექტრულ კონტაქტში.

გაფრთხილება: დაუშვებელია თქვენ მიერ დამზადებული კონდენსატორის მიერთება დენის ნებისმიერ წყაროსთან, სადაც ძაბვა 5 ვოლტს აღემატება.

ვარგისიანობის შემოწმება: ტესტერით შემოწმებული კონდენსატორი მიუერთეთ 5 ვ ემძ-ის მქონე გამორთულ დენის წყაროს, წითელი გამტარით დენის წყაროს დადებით პოლუსზე, ხოლო უარყოფით პოლუსზე ლურჯი გამტარით. ჩართეთ და მომენტალურად გამორთეთ დენის წყარო. თუ კონდენსატორი გამართულად მუშაობს, ის მოასწრებდა დამუხტვას, გათიშეთ კონდენსატორი დენის წყაროსაგან. ის დამუხტული დარჩება. კონდენსატორში მუხტები იქნება დაგროვილი. თუ კონდენსატორს მიუერთებთ შუქდიოდს (LED ნათურას), ის ერთხელ გაიელვებს და კონდენსატორი განიმუხტება. ცდა შეგიძლიათ გაიმეოროთ ან შეამოწმოთ თქვენი კონდენსატორი კიდევ რამდენიმე სხვა გზით, რაც შეიძლება მოიფიქროთ.

საშინაო დავალება მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის ზოგადი განათლების საფეხურზე სწავლების სავალდებულო ნაწილია. მისი შესრულება მოსწავლეთა ყოველდღიური პასუხისმგებლობაა. თუმცა არის ქვეყნები, სადაც საშინაო დავალება იკრძალება ან იზღუდება ქვეყნის საგანმანათლებლო პოლიტიკით, ან რეგულირდება შიდასაკოლო პოლიტიკით.

მასწავლებლისთვის საშინაო დავალება შეიძლება იყოს შესწავლილი მასალის გამყარების, სასწავლო გეგმის სრულყოფილად დაფარვის, ჯგუფის პროგრესის შეფასების ეფექტური საშუალება, თუმცა, მეორე მხრივ, ის მიიჩნევა მოსწავლისათვის დამატებით სამუშაო საათებად.

საშინაო დავალების ეფექტურობის განსაზღვრაში დიდ როლს ასრულებს მასწავლებლის მომზადება და საშინაო დავალებების შედგენის, გამოკითხვისა და შეფასების მეთოდოლოგიის ცოდნა.

განასხვავებენ აკადემიური და არაკადემიური ტიპის საშინაო დავალებებს. პირველ კატეგორიას განეკუთვნება: განმამტკიცებელი, მოსამზადებელი, სააზროვნო, ინტეგრირებული და შემოქმედებითი ტიპის საშინაო დავალებები. ხოლო არაკადემიური დავალებების კატეგორიაში ერთიანდება პიროვნული და სოციალური თვისებებისა და უნარ-ჩვევების განმავითარებელი დავალებები.

აკადემიური საშინაო დავალების სახეები:

განმამტკიცებელი საშინაო დავალება ყველაზე ფართოდ გამოიყენება და კლასში შესწავლილი მასალის გამეორება-განმტკიცებას ემსახურება. მოსწავლეს შეიძლება დაევალოს დამატებითი ფაქტების, ცხრილების, მათემატიკური ფორმულების, ფიზიკის კანონების და ა.შ. დამახსოვრება.

მკვლევების მოსაზრებით, ყველაზე ეფექტურია ისეთი განმამტკიცებელი დავალებები, რომლებიც ახალი მასალისა და მოსწავლის პირადი გამოცდილების დაკავშირებას უზრუნველყოფენ.

განმამტკიცებელი დავალებები ახალი ცოდნის გამყარებასა და კონკრეტულ უნარ-ჩვევაში დახელოვნებას ემსახურება.

სააზროვნო ტიპის საშინაო დავალება მიღებული ცოდნის განმტკიცებისა და უნარ-ჩვევების ათვისების შემდეგ, მის ახალ კონტექსტში ან ახლებურად გამოყენებას გულისხმობს. სააზროვნო დავალებებს შორის ყველაზე გავრცელებულია საგანში მიღებული ცოდნის გამოყენება რეალური პრობლემების გამოსაკვლევად და გადასაჭრელად. ასევე, სააზროვნო დავალების ფარგლებში შესაძლოა განხორციელდეს თეორიული მსჯელობა პრობლემისა და ჰიპოთეზების გარშემო. ამ ტიპის დავალებები შედარებით რთულია და მათი შესრულება მეტ მოსამზადებელ დროს მოითხოვს.

ინტეგრირებული დავალება, სააზროვნო საშინაო დავალების მსგავსად, ამოცანების, პრობლემების გადაჭრის, ჰიპოთეზის განხილვის, შედარებითი და ისტორიული ანალიზის, მიზეზშედეგობრივი კავშირის მოძებნის სახით შეიძლება წარმოადგინოს მასწავლებელმა. ინტეგრირებული დავალების არსი იმაში მდგომარეობს, რომ მის შესასრულებლად მოსწავლემ სხვადასხვა უნარ-ჩვევა ან სხვადასხვა საგანში მიღებული ცოდნა უნდა გამოიყენოს.

შემოქმედებითი ტიპის საშინაო დავალებებს განეკუთვნება ისეთი დავალებები, როგორცაა: წიგნის ანალიზი, სემესტრული თემა, კვლევითი პროექტი. ასეთი დავალებები გრძელვადიანია და კვირების ან თვეების განმავლობაში გრძელდება. შემოქმედებითი დავალებების მიზანია, მასწავლებელმა მოსწავლისგან მიიღოს ინდივიდუალური და ორიგინალური პროდუქტი.

აკადემიური სახის საშინაო დავალებებს შორის ყველაზე გავრცელებულია განმამტკიცებელი და მოსამზადებელი დავალებები. ამის ერთ-ერთი საფუძველი ალბათ ის გახლავთ, რომ ახალი მასალის 50%-იანი ხარისხით განმტკიცებას ახალი ცოდნისა და უნარ-ჩვევების ოთხჯერ გავარჯიშება მაინც სჭირდება, ხოლო ცოდნის 80%-იანი ხარისხის მიღწევას – 24-ჯერ გავარჯიშება. გარდა ამისა, ამ ტიპის დავალებები, როგორც წესი, წინასწარ განერილია სახელმძღვანელოებში და შესაბამისად, მათ შედგენაზე მასწავლებელს დამატებითი დრო არ ეხარჯება. შემოქმედებითი, ინტეგრირებული და სააზროვნო დავალებები კი, ძირითადად, მასწავლებლის მოსაფიქრებელი და შესადგენია. მათი შედგენისას მასწავლებელს შეუძლია, თავისუფლად გაითვალისწინოს მოსწავლეთა ინტერესები, მათი ცოდნის დონე, სოციალური ფონი და ა.შ.

1. პროექტები

პროექტებზე მუშაობა მოსწავლეებისაგან მოითხოვს: შემოქმედებით მიდგომას, ხელს უწყობს დაგროვილი ცოდნის გააქტიურებას; ემყარება მოსწავლეების მიერ სხვადასხვა სასკოლო საგანში მიღებული ცოდნის ურთიერთდაკავშირებას.

მოსწავლეს უყალიბდება:

- პრობლემის ანალიზის;
- მიზნების ჩამოყალიბების;
- მიზნის შესაბამისი ამოცანების დასახვის;
- ამოცანების გადაჭრის;
- ამოცანების გადასაჭრელად შესაბამისი ქმედებებისა და რესურსების შერჩევის;
- ცოდნის შემოქმედებითად გამოყენების;
- ურთიერთთანამშრომლობის;
- სამუშაოს დროში განაწილების;
- შეფასების უნარ-ჩვევებს.

პროექტის თემის შესარჩევად მასწავლებელმა ეროვნული სასწავლო გეგმიდან უნდა გამოყოს პრობლემური საკითხი, რომელზეც იწერება პროექტი.

გთავაზობთ პროექტის შედგენის სქემას:

- ა) პრობლემის ანალიზი – გულისხმობს სიტუაციის ანალიზს;
- ბ) პრობლემის განსაზღვრა – იმ პრობლემის ხაზგასმას, რომლის საპასუხოდაც არის მიმართული პროექტი.
 - გ) მიზანი – ეს არის მოკლედ ჩამოყალიბებული ის, თუ რისი მიღწევა გსურთ.
 - დ) ამოცანები – გულისხმობს კონკრეტულ ნაბიჯებს მიზნის მისაღწევად.
 - ე) განხორციელების გზები – ეს არის კიდევ უფრო კონკრეტული ნაბიჯები დასმული ამოცანების შესასრულებლად. ეს გზები არის პროცესი, რომელმაც უნდა უპასუხოს კითხვებს:

1. როგორ?

2. ვინ?

ვ) სამუშაო გეგმა – ეს არის პროექტი, განერილი დროში.

ზ) ბიუჯეტი – /რესურსები/ – ეს არის იმ რესურსების ჩამონათვალი, რომელთა დახმარებითაც უნდა განხორციელდეს პროექტი.

თ) შედეგები – ყოველი ამოცანის გადაჭრის შემდეგ მიიღება კონკრეტული შედეგები. ის უნდა დავყოთ:

1. რაოდენობრივი

2. თვისებრივი მაჩვენებლების მიხედვით.

ი) შეფასება – პროექტი უნდა შეფასდეს იმ კრიტერიუმებით, რომლებიც წინასწარ იქნება მასწავლებლის მიერ განსაზღვრული.

მოსწავლის შეფასების სქემა

I კრიტერიუმი	კარგად გამოკვეთილი მიზნები და ლოგიკური გადასვლა ერთი იდეიდან მეორეზე.	1 ქულა
II კრიტერიუმი	ზუსტი, მკაფიო და კორექტული ფაქტები. შესატყვისი თვალსაჩინოებები.	1 ქულა
III კრიტერიუმი	ენობრივი გამართულობა	1 ქულა
IV კრიტერიუმი	კვლევა არის დაგეგმილი. გამოყენებულია სხვადასხვა წყარო. ანალიზი სიღრმისეულია.	1 ქულა
V კრიტერიუმი	ჩანს სიახლე და ორიგინალური ხედვა	1 ქულა
VI კრიტერიუმი	დასკვნები ლოგიკურია, ჩანს კავშირი კვლევასთან და ისინი მკაფიოდაა ჩამოყალიბებული.	1 ქულა
VII კრიტერიუმი	პრეზენტაცია. ნათლად ჩამოყალიბებული არსი, მკაფიო მეტყველება, პასუხობს ყველა კითხვას.	1 ქულა

პროექტის გეგმა

№	შესასრულებელი საკითხები	შენიშვნა	თარიღი
	დღე, თარიღი მოქმედების გეგმა		
	<p>ბოლო კვირის მანძილზე: მოძიებული მასალებისა და ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავება-ორგანიზება. კლასები საკუთარ ნამუშევრებს გამოფენენ მასწავლებლებისა და აღმზრდელების დახმარებით, მოაწყობენ ნამუშევართა პრეზენტაციებს /წარდგენას პროექტის ელექტრონული ვარიანტის მომზადება პრეზენტაციისათვის. საინფორმაციო ბუკლეტების დამზადება პროექტის პრეზენტაცია სასკოლო სივრცეში და საინფორმაციო ბუკლეტების დარიგება.</p>		

2. პროექტები

სასწავლო მიზნიდან გამომდინარე, საგაკვეთილო პროცესში ძალიან მნიშვნელოვანია სხვადასხვა სახის კითხვების დასმა, რაც მოსწავლეებს უვითარებს:

- საკომუნიკაციო;
- ლოგიკური აზროვნების;
- ანალიტიკური აზროვნების;
- მოსმენისა და პასუხის გაცემის უნარ-ჩვევას.

შეკითხვა შეიძლება იყოს ღია და დახურული.

დახურული კითხვა მოითხოვს მხოლოდ „დიახ“ ან „არა“ პასუხს. ამგვარი კითხვა თავისთავად შეიცავს პასუხს, რომელსაც ან უნდა დაეთანხმო, ან არა. დახურული კითხვა ძირითადად გამოიყენება ფაქტობრივი ცოდნის შესამოწმებლად, ანუ ორიენტირებულია ფაქტობრივ ცოდნაზე. ღია შეკითხვა არ მოითხოვს ერთ კონკრეტულ პასუხს, ის ორიენტირებულია სწავლა/სწავლებაზე.

გთავაზობთ კონკრეტულ მაგალითს

№	დახურული ცოდნის შემოწმება	ღია სწავლა/სწავლება
1	რისგან შედგება ნივთიერება?	დაასახელე რომელიმე ნივთიერების შედგენილობა, მაგ., წყლის.
2	რას გულისხმობენ ფიზიკურ მოვლენებში?	დაასახელე კონკრეტული ფიზიკური მოვლენა. რატომ ფიქრობ, რომ ეს ფიზიკური მოვლენაა?

გთავაზობთ კონკრეტულ მაგალითს

1. ჰიპოთეზური: „რას იფიქრებ ან მოიმოქმედებ, თუ...?“ ასეთი შეკითხვები მოსწავლეებს ეხმარება წარმოსახვის უნარის განვითარებაში და მიმართავს მათ გონებას ფიქრისა და განსჯისაკენ.
2. განსჯითი: „როგორ შეგვიძლია. ხელი შევუწყოთ ამ პრობლემის გადაჭრას?“
3. წამახალისებელი – მხარდაჭერი: „საინტერესოა, რა მოხდა. შემდეგ?“ ეს შეკითხვა მოსწავლეს ეხმარება, შეძლოს თავისი შთაბეჭდილებისა და გამოცდილების გაზიარება.
4. მასტიმულირებელი: „რა აზრის ხარ...?“ ამით მასწავლებელი აგრძნობინებს მოსწავლეს, რომ მისი აზრი მნიშვნელოვანი და საინტერესოა.
5. ანალიტიკური: „რატომ ფიქრობ ასე?“ ეს შეკითხვა დასმული უნდა იყოს არა აგრესიული ან გამომცდელი ტონით, არამედ უნდა გამოხატავდეს მასწავლებლის ინტერესს; ხელს უწყობდეს ბავშვს, ჩაუფიქრდეს საკითხს, უვითარებდეს მას ანალიზის, მსჯელობისა და საკუთარი აზრის დასაბუთების უნარს.
6. შემაჯამებელი: „თუ სწორად გავიგე, შენ ფიქრობ, რომ... „ეს შეკითხვა გულისხმობს ბავშვების მოსაზრებების შეჯამებას და იმის შემოწმებას, სწორად გაიგო თუ არა მათი ნააზრევი მასწავლებელმა. ამ დროს სხვა მოსწავლეებს კიდევ ერთხელ ეძლევათ საშუალება, გააანალიზონ მათი მეგობრის მოსაზრება, განსაზღვრონ, ეთანხმებიან თუ არა მას.
7. შემათანხმებელი: „ეთანხმებით თუ არა გამოთქმულ მოსაზრებას?“ ამ შეკითხვამ შესაძლოა, კამათის პროვოცირება გამოიწვიოს, ან პირიქით – დაასრულოს კამათი. პირველ შემთხვევაში მასწავლებელი უნდა ეცადოს კონსენსუსის მიღწევას ან, თუ ეს შეუძლებელია, დააფიქსიროს განსხვავებული აზრი და საკითხი ღიად დატოვოს. მეორე შემთხვევაში კი, შეკითხვით – „შეიძლება თუ არა, ეს საკითხი გარკვეულად ჩაითვალოს?“ – იგი ამთავრებს ერთ თემას და გადადის შემდეგზე.

ცოდნა – ცოდნის სამი კატეგორიის (დეკლარატიულის, პროცედურულის, პირობისეულის) ერთიანობა, რომელიც სამი ტიპის შეკითხვას პასუხობს: რა ვიცი? როგორ შევასრულო? როდის, რატომ, რა შემთხვევაში გამოვიყენო?

- **დეკლარატიული ცოდნა** – გულისხმობს თეორიების, ფაქტების, წესების, კანონებისა და პრინციპების თეორიულ ცოდნას. იგი სტატიკური ხასიათისაა და უპასუხებს შეკითხვას: რა ვიცი?
- **პროცედურული ცოდნა** – გულისხმობს ქმედების/ქმედებათა თანამიმდევრობის ცოდნას და იძლევა ცოდნის რეალიზების საშუალებას ოპერაციების/პროცედურების დონეზე. იგი დინამიკური ხასიათისაა, აღინერება, როგორც უნარი და უპასუხებს შეკითხვას: როგორ გავაკეთო?/როგორ შევასრულო?
- **პირობისეული ცოდნა** – გულისხმობს დეკლარატიული და პროცედურული ცოდნის გამოყენების პირობების გააზრებას. საგანთა, მოვლენათა, სიტუაციათა არსებითი ასპექტების გააზრების, კატეგორიზაციის უნარს, რომელიც ცოდნის სხვადასხვა კონტექსტში გადატანის (ტრანსფერის) შესაძლებლობას იძლევა. იგი დინამიკური ხასიათისაა და უპასუხებს შეკითხვებს: როდის, რა შემთხვევაში? რატომ?

ეროვნული სასწავლო გეგმის მიზნები – გამომდინარეობს ზოგადი განათლების ეროვნული მიზნებიდან. ისინი განსაზღვრავს იმ ზოგად უნარებსა და ღირებულებებს, რომელთა განვითარება-ჩამოყალიბებასაც ყველა საგანში შეძენილი ცოდნა უნდა ემსახუროდეს.

საგნობრივი ჯგუფის მიზნები – აზუსტებს და აკონკრეტებს ეროვნული სასწავლო გეგმის მიზნებს საგნობრივი ჯგუფის სფეროს ფარგლებში. საგნობრივი ჯგუფის მიზნების განხორციელებას ემსახურება საგნობრივი სტანდარტები და წლიური პროგრამები.

საგნობრივი სტანდარტი – განსაზღვრავს ცოდნის სავალდებულო მინიმუმს, რომელსაც უნდა ფლობდეს მოსწავლე საფეხურის ბოლოს. იგი პასუხობს შეკითხვებს: რა უნდა იცოდეს მოსწავლემ, რა უნდა შეეძლოს მას, რა ღირებულებებით უნდა აღიზარდოს იგი კონკრეტული საგნის ფარგლებში.

სტანდარტი შედგება შემდეგი ნაწილებისგან: საგნის სწავლების მიზნები; სტანდარტის შედეგები და შინაარსი; მეთოდოლოგიური ორიენტირები; შეფასება.

წლიური პროგრამა – გვიჩვენებს სასწავლო პროცესში საგნობრივი სტანდარტის მოთხოვნების რეალიზების გზებს. სტანდარტისგან განსხვავებით, წლიური პროგრამა სარეკომენდაციო ხასიათისაა.

საგნის სწავლა-სწავლების მიზნები – აკონკრეტებს ეროვნული სასწავლო გეგმისა და საგნობრივი ჯგუფის მიზნებს კერძო საგნის კონტექსტში.

სტანდარტის შედეგები – საგნის ცნებებზე დაფუძნებით განსაზღვრავს მიზნობრივ ორიენტირებს და უპასუხებს შეკითხვას: რა უნდა შეეძლოს საბაზო საფეხურის მოსწავლეს? შედეგები აღინერება პროცედურული და პირობისეული ცოდნის სახით. სწავლა-სწავლება, ისევე როგორც შეფასება, უნდა დაიგეგმოს და განხორციელდეს შედეგებზე დაყრდნობით.

სტანდარტის შინაარსი – განსაზღვრავს, რა უნდა იცოდეს მოსწავლემ. შინაარსი აღინერება სავალდებულო ცნებების, სასწავლო თემების/ თემატური ბლოკების/ ჩარჩოების, საგნობრივი საკითხების სახით.

ცნებები – საგნის სისტემური და გააზრებული ცოდნის საფუძველი ამ საგნის ძირითად ცნებათა სისტემაა. აქედან გამომდინარე, ცნებები შედეგის განუყოფელი ნაწილი და სასწავლო პროცესის მიზნობრივი ორიენტირია. ცნების სწავლა-სწავლება მოიცავს მის სამ სტრუქტურულ ელემენტს:

1. ტერმინს – ცნების აღმნიშვნელი სიტყვა;
2. ცნების შინაარსს – ცნების განმსაზღვრელი, არსებითი ნიშან-თვისებები;
3. ცნების მოცულობას – მაგალითების/შემთხვევების სიმრავლე, რომლებსაც ეს ნიშან-თვისებები მიესადაგება.

სასწავლო თემები – წარმოადგენს სასწავლო ერთეულს, რომლის ფარგლებშიც მუშავდება შედეგები და ცნებები. თითოეული თემის ფარგლებში შეძლებისდაგვარად სტანდარტის ყველა შედეგი უნდა დამუშავდეს. საგნობრივი პროგრამები თემების სახით მოსწავლეებს სთავაზობს ნაცნობ, მისი ასაკობრივი ინტერესების შესაბამის კონტექსტებს, რომლებიც საგნობრივი კომპონენტების (შედეგების, ცნებების, კონკრეტული საკითხების) ინტეგრირებულად და ურთიერთდაკავშირებულად სწავლების საშუალებას იძლევა.

თემატური ბლოკი/ჩარჩო – იმ საგნებში, რომლებშიც სასწავლო თემები მჭიდროდ არ უკავშირდება სტანდარტის შედეგებს (ქართული ენა და ლიტერატურა, ქართული, როგორც მეორე ენა, უცხოური ენები, სახვითი და გამოყენებითი ხელოვნება, მუსიკა, მათემატიკა, ფიზიკური აღზრდა და სპორტი), სავალდებულო თემების ნაცვლად თემატური ბლოკები/ჩარჩოებია წარმოდგენილი. ისინი ქმნიან საერთო საფუძველს წლიურ პროგრამაში კონკრეტული სასწავლო თემების განსაზღვრისათვის.

საგნობრივი საკითხები – განისაზღვრება სტანდარტის შინაარსის ფარგლებში. ისინი შერჩეულ უნდა იქნეს იმგვარად, რომ ცნებების გააზრებას, საკვანძო კითხვებსა და კომპლექსურ დავალებებზე მუშაობას, მკვიდრი წარმოდგენების ჩამოყალიბებას ემსახურებოდეს.

თემატური საკვანძო შეკითხვები – აკავშირებს სასწავლო თემას/თემატურ ბლოკს, საკითხებს სტანდარტის შედეგებთან. მათი ფუნქციაა:

- 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. საკვანძო შეკითხვა წარმოადგენს მაორგანიზებელ ელემენტს, რომელიც სასწავლო თემის ფარგლებში ასრულებს გაკვეთილ(ებ)ის მიზნის როლს.
- თემატურ საკვანძო შეკითხვებს სარეკომენდაციო ხასიათი აქვს.

საფეხურებრივი საკვანძო შეკითხვები – ისინი თემატური საკვანძო შეკითხვებისგან განსხვავებით სავალდებულო ხასიათისაა. საფეხურებრივი შეკითხვები განზოგადებულად განსაზღვრავენ ვექტორებს, რომლებიც სწავლა-სწავლების პროცესს შედეგებისკენ მიმართავს.

შეფასების ინდიკატორები – გამომდინარეობს შედეგებიდან და აჩვენებს, თუ რა უნდა შეძლოს მოსწავლემ კონკრეტული თემის ფარგლებში. სხვა სიტყვებით, ინდიკატორი არის თემაში რეალიზებული შედეგი, რომელიც სავალდებულო ხასიათს ატარებს. ინდიკატორებში დაკონკრეტებულია ცოდნის ის სავალდებულო მინიმუმი, რომელსაც მოსწავლე თემის ფარგლებში უნდა დაეუფლოს. შეფასების ინდიკატორებზე დაყრდნობით ყალიბდება კრიტერიუმები შეფასების რუბრიკებისთვის.

შემაჯამებელი კომპლექსური დავალება – განისაზღვრება თემების მიხედვით და წარმოადგენს შინაარსიან, ცხოვრებისეულ სიტუაციებთან დაკავშირებულ დავალებას, რომლის შესრულება მოითხოვს ფუნქციურ კონტექსტებში სხვადასხვა ცოდნათა ინტეგრირებულად გამოყენებას.

მკვიდრი წარმოდგენები – განისაზღვრება თემების მიხედვით. ეს არის ზოგადი წარმოდგენები, რომლებიც თემის შესწავლისას უნდა ჩამოყალიბდეს მოსწავლის ხანგრძლივ მემსიერებაში მის (მოსწავლის) წინარე წარმოდგენებზე დაყრდნობით, რათა მან თემის ფარგლებში დასახული მიზნების მიღწევა შეძლოს. მკვიდრი წარმოდგენები აზროვნების საყრდენია გაგების აქტების განსახორციელებლად.

გზამკვლევი

https://drive.google.com/file/d/1fiHUxOhM7FTNpnZ9eYwTP01eWfliHAXX/view?fbclid=IwAR2J71Q8U-QeX0bXU7Vm3QIPa_tUGsLlxs8YAi1a2yTMb_m3DDkVdRjt77kU

სასკოლო კურიკულუმის ნიმუშები, კომპლექსური დავალებების გზამკვ. ბანკი

https://emis188-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/imgeladze_mes_gov_ge/Etm0PU9dvUdJquxrJQeZ-p9ABgQgNoQKB4-sQg8MkGFPjw?e=U4E47Y

ზოგადი განათლების რეფორმის მიზნები.

https://emis188-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/imgeladze_mes_gov_ge/Ea_aBni7DQBnNfW3Lfw-Q2MByyBx69uEiAclavoCmkXm4A?e=emSJI4

ინდივიდუალური სასწავლო გეგმის შემუშავების ინსტრუქციები:

https://emis188-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/samkharadze_sopio2_teachers_gov_ge/EudJKxzS-hUBJnjYQMJRvEOYBoVDi-LQrccWOBkwAwu5dhA?e=rUzYk5

განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო – ზოგადი განათლების რეფორმა – Facebook გვერდი.

<https://www.facebook.com/generaleducationreform>

ინკლუზიური განათლება (ზოგადი განათლების რეფორმა) – Facebook ჯგუფი.

<https://www.facebook.com/groups/211490110879342>

კონდენსატორები

https://www.youtube.com/watch?v=eA_CD499Ohs kondensatori

<https://youtu.be/zrCbD9lv6IA>

<https://www.youtube.com/watch?v=RRQx4eTUs88>

https://www.youtube.com/watch?v=UMJzF8__zxA

<https://www.youtube.com/watch?v=rM96YBz2o0Q>

https://www.youtube.com/watch?v=bcz_ekr8JAA

ელექტროფორული მანქანა

https://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=ele_wimshurst&l=en

ელექტროსკოპი

<https://www.youtube.com/watch?v=U8InfTUvll>