



10

ფიზიკა

ქეთევან ტატიშვილი

მასწავლებლის წიგნი

I ნაწილი

ზოგადი განათლების პროვნული მიზნები

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

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

საქართველოს ზოგადი განათლების სისტემაში მიღებული გამოცდილების საფუძველზე მოზარდმა უნდა შეძლოს:

- ა) ქვეყნის ინტერესების, ტრადიციებისა და ღირებულებების მიმართ საკუთარი პასუხისმგებლობის გააზრება: სასკოლო განათლებამ უნდა განუვითაროს მოზარდს უნარი, რომ სწორად განსაზღვროს საკუთარი ქვეყნის სახელმწიფოებრივი, კულტურული, ეკონომიკური და პოლიტიკური ინტერესები, და მისცეს მას სასიკეთო გადაწყვეტილებათა მიღებისა და აქტიური მოქმედების შესაძლებლობა;
- ბ) ბუნებრივი გარემო პირობების შენარჩუნება და დაცვა: მოზარდმა უნდა იცოდეს, რა ბუნებრივ გარემოში ცხოვრობს, რა ზიანი შეიძლება მიაყენოს გარემოს ადამიანის ამა თუ იმ მოქმედებამ, როგორ შეინარჩუნოს და დაიცვას ბუნებრივი გარემო;
- გ) ტექნოლოგიური თუ სხვა ინტელექტუალური მიღწევების ეფექტიანად გამოყენება; ინფორმაციის მოპოვება, დამუშავება და ანალიზი:
დღეს, როდესაც ადამიანისათვის მისაწვდომია დიდი მოცულობისა და სხვადასხვა შინაარსის ინფორმაცია, მისი ეფექტიანად გამოყენების უნარი სასიცოცხლო მნიშვნელობას იძენს. მოზარდს უნდა შეეძლოს არა მხოლოდ ინფორმაციის მოპოვება, არამედ მისი შეფასებაც შინაარსის, დანიშნულებისა და ხარისხის მიხედვით, დასახული მიზნებისათვის მისი გამოყენების ფორმების განსაზღვრა; ტექნოლოგიური მიღწევების ეფექტიანი გამოყენება ყოველდღიური ცხოვრების, მუშაობის, ინტელექტუალური თუ სულიერი მოღვაწეობის პირობების გასაუმჯობესებლად;
- დ) დამოუკიდებლად ცხოვრება, გადაწყვეტილების მიღება: სასკოლო განათლებამ უნდა განუვითაროს მოზარდს პირად, ოჯახურ და საზოგადოებრივ ცხოვრებაში დამოუკიდებელ გადაწყვეტილებათა მიღების უნარ-ჩვევები;
- ე) იყოს შემოქმედი, თავად შექმნას ღირებულებები და არ იცხოვროს მხოლოდ არსებულის ხარჯზე: სასკოლო განათლებამ უნდა უზრუნველყოს მოზარდის იმ უნარ-ჩვევების განვითარება, რომლებიც მისცემს მას საშუალებას, უკვე არსებული გამოცდილება და მიღწევები გამოიყენოს ახალი მატერიალური, ინტელექტუალური თუ სულიერი ღირებულებების შესაქმნელად;
- ვ) საკუთარი შესაძლებლობებისა და ინტერესების უწყვეტი განვითარება მთელი ცხოვრების განმავლობაში და მათი მაქსიმალური რეალიზება როგორც ქვეყნის შიგნით, ისე მის საზღვრებს გარეთაც: სასკოლო განათლებამ უნდა ჩამოუყალიბოს მოზარდს უწყვეტი განვითარების, მთელი ცხოვრების განმავლობაში ახალი ცოდნისა და ჩვევების დამოუკიდებლად შეძენის უნარი, რათა შეძლოს საკუთარი შესაძლებლობებისა და სულიერი მიდრეკილებების ადეკვატურად განსაზღვრა და ამის მიხედვით საზოგადოებრივ ცხოვრებაში საკუთარი ადგილის დამკვიდრება; მოზარდი მზად უნდა იყოს არჩევანი გააკეთოს მომავალი განათლებისა და შრომითი საქმიანობისათვის;
- ზ) კომუნიკაცია ინდივიდებთან და ჯგუფებთან: სასკოლო განათლებამ უნდა უზრუნველყოს, რომ საზოგადოების მომავალ წევრებს განუვითაროს ზოგადი საკომუნიკაციო უნარ-ჩვევები (წერა, კითხვა, მეტყველება, მოსმენა), საორგანიზაციო და ჯგუფური მუშაობის ჩვევები, მათ შორის იმათ, ვისთვისაც საქართველოს სახელმწიფო ენა მშობლიური არ არის;
- თ) იყოს კანონმორჩილი, ტოლერანტი მოქალაქე: დღევანდელ დინამიკურ, ეთნიკურად და კულტურულად მრავალფეროვან სამყაროში საზოგადოების ფუნქციონირებისათვის განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ურთიერთპატივისცემის, ურთიერთგაგებისა და ურთიერთშემეცნების ჩვევები. სკოლამ უნდა გამოუმუშაოს მოზარდს ადამიანის უფლებების დაცვისა და პიროვნების პატივისცემის უნარი, რომელსაც იგი გამოიყენებს საკუთარი და სხვისი თვითმყოფადობის შესანარჩუნებლად. მოზარდს უნდა შეეძლოს ადამიანის არსებითი უფლებების შესახებ მიღებული თეორიული ცოდნის განხორციელება და ამ პრინციპებით ცხოვრება.

ქეთევან ტატიშვილი

ფიზიკა 10

მასწავლებლის წიგნი
I ნაწილი

გრიფინიჭებულია საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების
სამინისტროს მიერ 2022 წელს



ქეთევან ტატიშვილი

ფიზიკა 10

მოსწავლის წიგნი

რედაქტორები

ლალი ბაქრაძე

სოლომონ ნოზაძე

დიზაინი და დაკაბადონება

ალექსანდრე ჯიქურიძე

გარეკანის დიზაინი

ნინო ხვინგია, ალექსანდრე ჯიქურიძე

© გამომცემლობა „დიოგენე“, 2022, I გამოცემა

ყველა უფლება დაცულია

ISBN 978-9941-11-734-3

გამომცემლობა „დიოგენე“ – თბილისი, აფაქიძის ქ. 9

ტელეფონი 221 33 21

[www. diogene.ge](http://www.diogene.ge)

მასწავლებლის წიგნის სტრუქტურა

I. შესავალი. მასწავლებლისა და მოსწავლის წიგნის შესახებ.....	5
II. საშუალო საფეხურის სტანდარტი ფიზიკაში.....	7
III. შინაარსისა და მიზნების რუკა.....	17
IV. მოსწავლის წიგნის სტრუქტურა	18
V. მატრიცები	27
VI. სხვადასხვა პროექტების განხორციელების ეტაპები.....	75
VII შეფასების ფორმები	91
VIII. პასუხები პარაგრაფებში მოცემულ კითხვებზე, ამოცანების ამოხსნები და ექსპერიმენტების სავარაუდო შედეგები.....	104
IX. ტესტები წერიტი შემაჯამებლებისთვის	123
X. განმარტებითი ლექსიკონი	134
XI. დამატებითი ლიტერატურა მასწავლებლისთვის	135

I. შესავალი

მასწავლებლის წიგნი

მასწავლებლის წიგნის ძირითადი მიზანია ფიზიკაში სწავლა/სწავლების ხარისხის ამაღლება. ამ მიზნის მისაღწევად მასწავლებლის წიგნს უპირატესად ოთხი ფუნქცია აქვს:

1. თანამედროვე სამეცნიერო და ზოგადი ინფორმაციის მიწოდება.

ყოველ 10 წელიწადში სამეცნიერო ინფორმაცია ძველდება და მისი ნახევარი ახლდება. ამასთან, დღეს, სამეცნიერო-ტექნოლოგიური პროგრესის იმ ეპოქაში, როცა ლამის ყოველი ახალი დღე ახალი სამეცნიერო აღმოჩენისა თუ ტექნოლოგიების გასაოცარი მიღწევების მაუწყებელია, შეუძლებელია, ფიზიკის პედაგოგმა აბსოლუტურად ყველაფერი იცოდეს. მასწავლებლის წიგნის ერთ-ერთი ფუნქციაა, დაეხმაროს ფიზიკის მასწავლებელს, ისე დაგეგმოს გაკვეთილები, რომ მან მოსწავლეებთან ერთად მოიძიოს ახალი ინფორმაცია რამდენიმე ალტერნატიული წყაროდან, დაახარისხოს ის, ამოარჩიოს და მიზნობრივად გამოიყენოს პრაქტიკულ საქმიანობაში.

2. ფიზიკის მასწავლებლის პროფესიული განვითარების ხელშეწყობა.

მასწავლებლის წიგნში განხილულია ინოვაციური სასწავლო ტექნოლოგიები, მოსწავლეზე ორიენტირებული სწავლა/სწავლების ძირითადი პრინციპები და სწავლა-სწავლების ახალი მიდგომის ძირითადი მახასიათებლები.

მასწავლებლის წიგნის ფუნქციაა, დაეხმაროს ფიზიკის მასწავლებელს, გაიაზროს თავისი როლი საგანმანათლებლო რეფორმის წარმატებით განხორციელებაში და შეიმუშაოს სწავლების საკუთარი სტილი, რომელიც მიესადაგება თითოეული მოსწავლის სწავლის სტილს.

3. სასწავლო პროცესისა და გაკვეთილების დაგეგმვა/წარმართვაში დახმარება.

მასწავლებლის წიგნში განხილულია თანამედროვე, მოსწავლეზე ორიენტირებული გაკვეთილის სტრუქტურა, მისი დაგეგმვის ეტაპები. მოცემულია გაკვეთილების დაგეგმვის სანიმუშო სქემა და სხვადასხვა ტიპის რამდენიმე გაკვეთილის სცენარი.

4. შეფასების ახალი სისტემის დახასიათება და შეფასებაში დახმარება.

მასწავლებლის წიგნში განხილულია შემოწმებისა და შეფასების ხერხები, ფორმები და საშუალებები. მოცემულია რეკომენდაციები, რომლებიც დაეხმარება ფიზიკის მასწავლებელს შეფასების ახალი სისტემის ეფექტიანად დანერგვაში.

მასწავლებლის წიგნში მოცემული რჩევები და რეკომენდაციები მასწავლებლის საგნობრივი ცოდნის გამდიდრებასა და პრაქტიკული უნარ-ჩვევების დახვეწა-განვითარებას ემსახურება. რჩევები არამც და არამც არ ზღუდავს მასწავლებლის თავისუფლებას, თავად მიიღოს გადაწყვეტილება, ამა თუ იმ თემის სწავლებისას რომელი აქტივობები და სწავლების მეთოდი შეარჩიოს. დღეს ფიზიკის მასწავლებელს ყველაზე მეტად ისეთი სასწავლო სტრატეგიის შემუშავება სჭირდება, რომელიც ხელს შეუწყობს ფიზიკის გაკვეთილზე სწავლების აქტიური მეთოდის (კეთებით სწავლა, კვლევითი სამუშაოები) კიდევ უფრო ინტენსიურად გამოყენებას.

თუ წინამდებარე წიგნი მცირედით მაინც დაეხმარება მასწავლებელს მოსწავლეზე ორიენტირებული სწავლა/სწავლების პროცესის წარმატებით განხორციელებაში (გაკვეთილების დაგეგმვასა და ჩატარებაში, სტანდარტით განსაზღვრული შედეგის მიღწევაში), ჩავთვლით, რომ მიზანი, რომელსაც ეს წიგნი ისახავს, მიღწეულია.

მოსწავლის წიგნი

გთავაზობთ X კლასის ფიზიკის სახელმძღვანელოს (მოსწავლის წიგნის) ძლიერი მხარეებისა და სახელმძღვანელოში წარმოდგენილი სიახლეების მოკლე აღწერას:

ძლიერი მხარეები:

- საინტერესო და მოსწავლისთვის ადვილად აღსაქმელი ენით დაწერილი პარაგრაფები;
- მრავალფეროვანი აქტივობები, რომელთა ნაწილი ინდივიდუალური სამუშაოა, ნაწილი კი წყვილებში ან ჯგუფებში სამუშაოდაა განკუთვნილი;

- თითოეული სასწავლო თემის საინტერესო წარდგენა, რომელიც მოსწავლეებისთვის დამატებით მოტივაციას ქმნის;
- ახალი ცოდნის დამოუკიდებლად აგების სქემები: თანამიმდევრული კითხვები, რომლებსაც დასკვნებამდე მიჰყავს მოსწავლე;
- გასაგები და მარტივი ინსტრუქციები მოსწავლეებისა და მასწავლებლებისთვის;
- სასწავლო თემის ფარგლებში მარტივიდან რთულისკენ დალაგებული აქტივობები;
- აქტივობები, რომლებიც ხელს უწყობს მაღალი სააზროვნო უნარების გამომუშავება-დახვეწას;
- მდიდარი ელექტრონული რესურსები;
- თანამედროვე სამეცნიერო და ტექნოლოგიური პროგრესის შესაბამისი და სანდო ინფორმაცია;
- საინტერესო ექსკურსები ფიზიკის განვითარების ისტორიაში;
- თვითშეფასების ტესტები თითოეული თემის ბოლოს, რომელთა დახმარებითაც მოსწავლე განსაზღვრავს, რამდენად მიაღწია თემის შესწავლის დაწყებისას დასახულ მიზანს;
- საინტერესო კვლევითი სამუშაოები და პროექტები;
- ტექსტთან შერწყმული და მიზნობრივად დაკავშირებული ფერადი ილუსტრაციები.

სიახლეები:

მოსწავლის სახელმძღვანელო საგანმანათლებლო რესურსია, რომელშიც მოცემულია:

- აქტივობები სასწავლო პროცესის დიფერენცირებისთვის: ყველა მოსწავლეს ეძლევა დავალება საკუთარი ინტერესებისა და სწავლის ინდივიდუალური სტილის გათვალისწინებით;
- არა მარტო თვითშეფასების ტესტები თითოეული თემის ბოლოს, არამედ განმავითარებელი თვითშეფასების ფორმაც: იმის მიხედვით, თუ რამდენი ქულა დააგროვა, მოსწავლე შეძლებს საკუთარი ნამუშევრის შეფასებას და შემდგომი განვითარების მიზნით რეკომენდაციასაც მიიღებს;
- დამატებითი ამოცანები და კითხვები. მათი რაოდენობა და შინაარსი აბსოლუტურად საკმარისია სტანდარტით გათვალისწინებული შედეგის მისაღწევად.

მოსწავლის სახელმძღვანელოში მეთოდის თვალსაზრისითაც სიახლეა:

- დამატებითი ამოცანები და კითხვები სხვადასხვა ფერის ციფრებითაა აღნიშნული. თითოეული ფერი სირთულის კატეგორიას მიანიშნებს. მასწავლებელს შეუძლია შეარჩიოს განსხვავებული სირთულის ამოცანები სხვადასხვა მოსწავლისთვის იმის მიხედვით, თუ რა სჭირდება სასწავლო გეგმისა და პროცესის დიფერენცირებისთვის;
- ამოცანებისა და კითხვების სირთულის კატეგორიის ცოდნა მოსწავლისთვისაც მნიშვნელოვანია, რადგან მისთვის მოტივაციის ფაქტორია უმარტივესი ამოცანებიდან თანდათან წარმატებით გადასვლა რთული კატეგორიის ამოცანების ამოხსნაზე.

მოსწავლის სახელმძღვანელოში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს უსაფრთხოებას ექსპერიმენტების მიმდინარეობის დროს:

- ცდის აღწერილობას თან ახლავს გამაფრთხილებელი ნიშნები და ცდის ჩატარებისთვის საჭირო აღჭურვილობა, რომელთა გამოყენება მოსწავლეებს თავიდან ააცილებს ექსპერიმენტული სამუშაოს თანამდევ პატარ-პატარა უსიამოვნებებს.

II. საშუალო საფეხურის სტანდარტი ფიზიკაში

შესავალი

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

სტანდარტში შედეგებისა და სამიზნე ცნებების სახით განსაზღვრულია გრძელვადიანი მიზნები.

შინაარსი გადმოიცემა თემების (ქვეთემების), საკითხების 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 განერილ თითოეულ შედეგს წინ უძღვის ინდექსი, რომელიც მიუთითებს საგანს, სწავლების ეტაპსა და სტანდარტის შედეგის ნომერს; მაგ., ფიზ.საშ.1.:

„ფიზ.“ – მიუთითებს საგანს „ფიზიკა“;

„საშ.“ – მიუთითებს საშუალო საფეხურს;

„1“ – მიუთითებს სტანდარტის შედეგის ნომერს.

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

სავალდებულო თემები

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

რეკომენდებულია სწავლა-სწავლების პროცესში სკოლებმა დაიცვან თემების ზემოთ შემოთავაზებული თანამიმდევრობა (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 მოდელების შექმნა, შერეული შეერთების გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერგიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად.

ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ფიზიკური პროცესი - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

თემა: მუდმივი დენის კანონები

თემის ფარგლებში განიხილება:

ელექტრული დენი და გამტარის 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 გამოიყენებული 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.

თემა: ელექტრომაგნიტური მოვლენები

თემის ფარგლებში განიხილება:

მაგნიტური ველის ინდუქცია და მისი წირები; ამპერისა და ლორენცის ძალები; ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა; კოჭას ინდუქციურობა და მაგნიტური ველის ენერგია; ელექტრული დენის გენერატორი და ელექტროძრავა.

თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით:

მატერია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- მაგნიტური ველის წარმოქმნისა და მაგნიტური ურთიერთქმედების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებაში მაგნიტებისა და დედამიწის მაგნიტური ველის როლის შესაფასებლად;
- ნივთიერების მაგნიტური თვისებების შესწავლა მისი პრაქტიკული გამოყენებისთვის არგუმენტების მოსაყვანად;

ენერგია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენის გაანალიზება ელექტრული დენის გენერატორისა და ელექტროძრავას მუშაობის პრინციპის ასახსნელად;
- კოჭას მაგნიტური ველის ენერგიის რაოდენობრივი აღწერა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;

ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ამპერისა და ლორენცის ძალების რაოდენობრივად დახასიათება პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- მარტივი ელექტრომაგნიტის დამზადება და მისი მოქმედების პრინციპის ახსნა ელექტრომაგნიტის ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნოლოგიებში გამოყენების შესახებ არგუმენტების მოსაყვანად.

ფიზიკური პროცესი - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მუხტის მოძრაობის დახასიათება (დინამიკის კანონების გამოყენებით), მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებსა და მაგნიტური ველის ინდუქციას შორის დამოკიდებულების დადგენა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- ექსპერიმენტის დაგეგმვა, კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ განხორციელება, მონაცემების სხვადასხვა ფორმით ჩანერა და გაანალიზება ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენის შესასწავლად.

თემა: რხევები და ტალღები

თემის ფარგლებში განიხილება:

ჰარმონიული რხევა და მისი მახასიათებლები; განივი და გრძივი ტალღა; ბგერა და მისი გავრცელება; ელექტრომაგნიტური რხევები - რხევითი კონტური; ცვლადი დენი, ცვლადი დენის გენერატორი; ელექტროენერგიის გადაცემა და ტრანსფორმატორი; ელექტრომაგნიტური ტალღები და მათი სიხშირის დიაპაზონი.

თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით:

მატერია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- მათემატიკური ქანქარას მოდელის შექმნა მისი რხევითი მოძრაობის დასახასიათებლად;
- გარემოში ბგერის გავრცელების მექანიზმის ახსნა ყოფა-ცხოვრებაში ბგერის როლის შესაფასებლად;
- ცდების/ექსპერიმენტების მომზადება და კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ ჩატარება განივი და გრძივი ტალღების გავრცელების აღსაწერად.

ენერგია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ფიზიკური პროცესი - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

თემა: გეომეტრიული და ტალღური ოპტიკა

თემის ფარგლებში განიხილება:

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

თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით:

მატერია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ენერგია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ფიზიკური პროცესი - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ინფორმაციის მოძიების უნარის გამოყენება სინათლის სიჩქარის გაზომვის სხვადასხვა მეთოდის შესასწავლად;
- ექსპერიმენტის დაგეგმვა და უსაფრთხოდ განხორციელება პრიზმაში, ბრტყელ-პარალელურგვერდებიან ფირფიტასა და თხელ ლინზაში სინათლის სვლის აღსაწერად;
- სინათლის არეკვლის კანონების გამოყენებით ბრტყელ სარკეში გამოსახულების აგება მათი ყოფა-ცხოვრებასთან დასაკავშირებლად;
- სინათლის არეკვლის, გარდატეხისა და სრული შინაგანი არეკვლის მოვლენის შესწავლა სხვადასხვა ოპტიკური ხელსაწყოების/სისტემების მუშაობის პრინციპის ასახსნელად;
- სხვადასხვა ოპტიკური ხელსაწყოების/სისტემების მუშაობის პრინციპის ახსნა მათ ყოველდღიურობასა და სხვადასხვა პროფესიასთან დასაკავშირებლად.

თემა: მოლეკულური ფიზიკა და თერმოდინამიკა**თემის ფარგლებში განიხილება:**

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

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

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

ენერგია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ფიზიკური პროცესი - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- აირის შემადგენელი მოლეკულების მოძრაობის სახეზე მსჯელობა. მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარესა და აირის ტემპერატურას შორის კავშირის დადგენა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;
- აბსოლუტური ნულის, როგორც ბუნებაში არსებული ყველაზე დაბალი ტემპერატურის შესახებ მსჯელობა მეცნიერებასა და ყოფა-ცხოვრებაში მისი როლის შესაფასებლად;
- ცდების/ექსპერიმენტების მომზადება, ჰიპოთეზის გამოთქმა, კვლევისათვის საჭირო პროცედურების უსაფრთხოდ ჩატარება იდეალური აირის იზოპროცესების აღსაწერად.

თემა: ატომური, ბირთვული და კვანტური ფიზიკის საწყისები

თემის ფარგლებში განიხილება:

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

თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით:

მატერია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ენერგია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ფიზიკური პროცესი - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

თემა: ასტროფიზიკის საწყისები

თემის ფარგლებში განიხილება:

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

თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები სამიზნე ცნებების მიხედვით

მატერია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ენერგია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

- ვარსკვლავებში მიმდინარე თერმობირთვულ რეაქციებზე მსჯელობა მათი ნათების ასახსნელად;

ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

ფიზიკური პროცესი - მოსწავლემ უნდა შეძლოს:

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

III. შინაარსისა და მიზნების რუკა

თემა	შინაარსი	შეფასების ინდიკატორები	ინდიკატორის შესრულების საშუალებები	საათების რაოდენობა
თავი I. ელექტრული მოვლენები (8 სთ).		მატერია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს: ელემენტარული მუხტისა და სხეულის მუხტის შესახებ მსჯელობა მუხტის შენახვის კანონის გასაანალიზებლად;	დისკუსია; ექსპერიმენტი; საკლასო და საშინაო დავალები; კვლევა; ამოცანებზე (პრობლემის გადაჭრაზე) მუშაობა; შემაჯამებელი სამუშაოები (ტესტი, კომპლექსური დავალება).	
	1.1. ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება	ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს: ნერტილოვან მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალის რაოდენობრივად დახასიათება (ანალოგია მსოფლიო მიზიდულობის კანონთან) და ელექტროსტატიკური ველის სუპერპოზიციის პრინციპის ახსნა პრობლემაზე ორიენტირებული ამოცანების გადასაჭრელად;		1
	1.2. ელექტრული მოვლენები	ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად. (ფიზ.საშ.1.2,3,4)		1
	1.3. ელექტროსკოპი. გამტარები და არაგამტარები			1
	1.4. ელექტრული მუხტის თვისებები			1
	1.5. კულონის კანონი			2
	1.6. ფიზიკა ამოცანებში: კულონის კანონი			2
თავი II. ელექტრული ველი (14 სთ).	2.1. ელექტრული ველი	მატერია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს: მუხტის მიერ ელექტროსტატიკური ველის წარმოქმნისა და ველის მახასიათებელი პარამეტრების (დაძაბულობა, პოტენციალი) შესახებ მსჯელობა მუხტებს შორის ელექტრული ურთიერთქმედების აღსაწერად (ანალოგია გრავიტაციული ველის მახასიათებლებთან);	დისკუსია; უშუალო დაკვირვება; ექსპერიმენტი; საკლასო-საშინაო დავალები; ამოცანებზე (პრობლემის გადაჭრაზე) მუშაობა; კვლევა; შემაჯამებელი სამუშაოები (ტესტი, კომპლექსური დავალება); მოვლენის მოდელირება.	1
	2.2. ელექტრული ველის ძალნირები	ნივთიერების დიელექტრიკული შეღწევადობის შესახებ მსჯელობა დიელექტრიკებში ელექტრული ველის გავრცელების დასახასიათებლად.		1
	2.3. ფიზიკა ამოცანებში: ველების სუპერპოზიციის პრინციპი	ენერგია - მოსწავლემ უნდა შეძლოს: ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობის შესახებ მსჯელობა მუხტის ველთან ურთიერთქმედების პოტენციალური ენერგიის დასახასიათებლად;		2
	2.4. გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში	ბრტყელი კონდენსატორების მოდელების შექმნა, შერეული შეერთების გამოკვლევა, მათი ელექტრული ველის ენერგიის რაოდენობრივი აღწერა და გამოყენების შესახებ მსჯელობა ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში კონდენსატორის როლის შესაფასებლად.		1
	2.5. დიელექტრიკები ელექტროსტატიკურ ველში	ძალა - მოსწავლემ უნდა შეძლოს: სხეულთა წონასწორობის პირობების გამოყენება ელექტრულ ველში უძრავად მოთავსებული (წრფივად და თანაბრად მოძრავი) მუხტის წონასწორობის მდგომარეობის აღსაწერად;		1
	2.6. ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა	ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, ექსპერიმენტების დაგეგმვა და მისი უსაფრთხოდ ჩატარება დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედების შესასწავლად.		2
	2.7. ელექტროსტატიკური ველის პოტენციალი. დაბვა	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.		1
	2.8. ფიზიკა ამოცანებში: ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა. პოტენციალი. დაბვა			
	2.9 კონდენსატორი			
	2.10 ამოცანები ფიზიკაში: კონდენსატორის ელექტროტევადობა			
		სარეზერვო საათები		

IV. მოსწავლის ნიშნის სტრუქტურა

სახელმძღვანელო (I ნაწილი) ხელს უწყობს X კლასის სასწავლო წლის ბოლოს სტანდარტით გათვალისწინებული შედეგების მიღწევას. სახელმძღვანელოს შინაარსი დაბალანსებული, თანამიმდევრული და მრავალფეროვანია: მაპროვოცირებელი კითხვები, დამოუკიდებელი და ჯგუფური სამუშაოები, თეორიული ინფორმაცია ხელს უწყობს მოსწავლეს, იყოს აქტიური, გაუჩნდეს გარემომცველი სამყაროს კვლევის ინტერესი და შეეცადოს, ახსნას მასში მიმდინარე პროცესები. სახელმძღვანელოში მოცემულია ექსპერიმენტები, ლაბორატორიული სამუშაოები, რომელთა ჩატარებასაც მოსწავლე თავად შეძლებს, „კეთებით“ სწავლა აღრმავებს თეორიული მასალის გაგებას და მოსწავლეს ცოდნის გამოყენების უნარ-ჩვევებს შესძენს.

1. სახელმძღვანელოს აქვს სარჩევი.

2. სახელმძღვანელოს I ნაწილი ორი თავისგან შედგება. თითოეული თემა რამდენიმე პარაგრაფს მოიცავს. სახელმძღვანელოს I ნაწილში სულ 16 პარაგრაფია. X კლასში I სემესტრში ფიზიკის სწავლებისთვის განკუთვნილია 30 სთ. აქედან 22 სთ დაეთმობა პარაგრაფებში მოცემული მასალის ათვისებას და შემაჯავებელ გაკვეთილებს, ხოლო 8 სთ სარეზერვოა.

3. პარაგრაფის ტექსტში ჩართულია ან ტექსტთან მიზნობრივად დაკავშირებული დავალებები – კითხვები ფიქრისა და განსჯისათვის, რომლებიც დანომრილია და ასეა აღნიშნული: **1**

ამ ტიპის დავალებები განკუთვნილია როგორც ინდივიდუალური, ისე წყვილებსა და ჯგუფში სამუშაოდ. ემსახურება შესასწავლი მასალის სიღრმისეულად გააზრებას.

4. ინდივიდუალურ სამუშაოებს ინდივიდუალურობის აღმნიშვნელი ლოგო არ აქვს, **წყვილებში** სამუშაოსა და **ჯგუფურ** სამუშაოს კი შესაბამისი ლოგოები აღნიშნავს. **ჯგუფური სამუშაო ოდნავ მეტი სირთულისაა** და სწორედ ამიტომაც სრულდება ჯგუფში: მოსწავლეები გაერთიანებული ძალებითა და განანილებული პასუხისმგებლობით უკეთ შეასრულებენ დაკისრებულ სამუშაოს.

5. პარაგრაფში მოცემული დავალებები განსხვავებული სირთულისაა. მოსწავლეთა შესაძლებლობების, სწავლების სტილის, ინტერესებისა და წინარე ცოდნის გათვალისწინებით, **მასწავლებელი თავად გადაწყვეტს, რომელ დავალებას განიხილავს კლასში და რომელს აარიდებს თავს** (ეს იმ ცდებს, პრაქტიკულ სამუშაოებს, კვლევებსა და პროექტებსაც ეხება, რომლებიც სახელმძღვანელოშია აღწერილი).

6. ცდები. ფიზიკა ექსპერიმენტული მეცნიერებაა. „მეცნიერებაში ერთი უბრალო ცდით დასაბუთება ბევრად მეტად ფასობს, ვიდრე ათასი ავტორიტეტი ერთად“, – გალილეო გალილელის ეს სიტყვები მთელ სახელმძღვანელოს ხაზად გასდევს. მოვლენების შესწავლისას გამოთქმული ყველა ჰიპოთეზისა თუ თეორიული მტკიცების ჭეშმარიტება ცდით უნდა დადასტურდეს. მოსწავლეები ცდის საშუალებით ღრმად უნდა ჩასწვდნენ მოვლენის მექანიზმს, თვითონ უნდა მივიდნენ გარკვეულ დასკვნამდე და თავადვე უნდა დაადგინონ ამა თუ იმ მოვლენის კანონზომიერებანი. თქვენ მიზნად უნდა დაისახოთ, რომ თქვენი მოსწავლეები ჩამოყალიბდნენ აქტიურ შემმეცნებლებად და არა ცოდნის პასიურ მიმღებებად. სწორედ ამაში დაგეხმარებათ საინტერესო და სწორად შერჩეული ცდები.

ავტორი მაქსიმალურად შეეცადა, თქვენთვის რაც შეიძლება ადვილად ჩასატარებელი ექსპერიმენტები შემოეთავაზებინა, რომელთა უმრავლესობა იმდენად მარტივი და უსაფრთხოა, რომ მათი ჩატარება მოსწავლეებს თავისუფლად შეუძლიათ სახლის პირობებშიც კი. თუმცა ზოგჯერ გვერდი მაინც ვერ აუარა ტექნიკურად რთულად შესასრულებელ ცდებს. იმის მიხედვით, თუ როგორ დაგეგმავს საგაკვეთილო პროცესს, აქვს თუ არა საკმარისი დრო, არის თუ არა მისთვის ხელმისაწვდომი ამა თუ იმ ცდისთვის საჭირო რესურსები, **მასწავლებელი თავად წყვეტს, რომელი ცდა ჩაატაროს და რომელი – არა.**

შენიშვნა:

➤ მიზანშეწონილია, ცდები წინასწარ მომზადდეს, რათა მათი ჩატარებისას სასურველი შედეგი მიიღოს და განსაზღვრულ დროშიც „ჩაეტიოთ“. ყოველი ცდის, მათ შორის ყველაზე მარტივის, წარმატებულად ჩატარებას თავისი საიდუმლო აქვს, რომელიც გამოცდილმა პედაგოგმა შესანიშნავად იცის. თუმცა ისიც არ არის დაზღვეული იმისგან, რომ ცდა არ გამოვიდეს და ამას, შეიძლება, ძალზე მარტივი მიზეზი ჰქონდეს. ცდის წარუმატებლობის მიზეზის დადგენა გაკვეთილის მიმდინარეობის დროს შეიძლება გაცილებით ცუდი შედეგით დამთავრდეს: შესაძ-

ლოა, მთელი გაკვეთილი ჩავარდეს.

➤ ცდების ჩატარებისას გახსოვდეთ: უსაფრთხოება უპირველეს ყოვლისა! არც ერთი ცდა არ ღირს იმად, რომ ვინმე დაზარალდეს, თუნდაც მცირედით. განსაკუთრებული ყურადღება მიაქციეთ უსაფრთხოების ზომების დაცვას.

7. პრაქტიკული სამუშაო. პრაქტიკული (ლაბორატორიული) სამუშაოს ჩატარება საბუნებისმეტყველო საგნების სწავლების ერთ-ერთი მეთოდია. ამ მეთოდის არსი ის არის, რომ მოსწავლეები უშუალოდ ატარებენ ცდებს ფიზიკური სიდიდეების გაზომვებისა და კანონების შემოწმების მიზნით. ლაბორატორიული სამუშაოები სწორედ იმითაა მნიშვნელოვანი, რომ განსაკუთრებით უწყობს ხელს ცნებებისა და კანონების გაგება/გააზრებას. ყველა ასაკის მოსწავლისათვის ცნების არსი მაშინ ხდება განსაკუთრებით ნათელი, როცა იგი თავად მივა იმ დასკვნამდე, თუ რა მნიშვნელობა აქვს ამა თუ იმ ფიზიკური სიდიდის ცოდნას, როცა დამოუკიდებლად ზომავს რომელიმე მოვლენის მახასიათებელ სიდიდეებს და თავადვე ადგენს მათ ურთიერთკავშირს. ლაბორატორიული სამუშაოები ხელს უწყობს დაკვირვების, აღწერის, სიდიდეთა გაზომვა-გამოყენების, ცოდნის დამოუკიდებლად გაღრმავება-გაფართოების უნარის განვითარებას.

გაითვალისწინეთ: თუ ლაბორატორიული სამუშაოსთვის საჭირო აღჭურვილობა ან საკმარისი დრო არ გაქვთ, არ არის აუცილებელი მათი ჩატარება. თავად გადანყვიტეთ, რამდენად ღირს მისი ჩატარება, რას აძლევს თქვენს მოსწავლეებს ესა თუ ის სამუშაო, იქნებ სხვა სახის აქტივობით (მაგ., სადემონსტრაციო ცდით, პროექტით) ღირს მისი ჩანაცვლება? მიზნები, რომლებიც სტანდარტითაა განსაზღვრული, ალტერნატიული გზებითაც მიიღწევა და არ არის აუცილებელი სახელმძღვანელოში მოცემული მასალის სრულად გავლა. **სახელმძღვანელო ერთ-ერთი რესურსია**, რომელიც ამ მიზნის მისაღწევად თქვენთვის მხოლოდ გზამკვლევის როლს ასრულებს.

8. საშინაო დავალება. საკლასო და საშინაო დავალებები ერთ მთლიანობად მოიაზრება: საშინაო დავალება კლასში დაწყებული კვლევის გაგრძელება უნდა იყოს. თუ პარაგრაფში მოყვანილი ყველა იმ დავალების შესრულება და ყველა იმ ცდის ჩატარება არ მოესწრო, რომლებიც დაგეგმილი გქონდათ, დავალები მოსწავლეს, დამოუკიდებლად სცადოს მათი გაკეთება (ცხადია, არ იგულისხმება ის ცდები, რომელთა ჩატარება გარკვეულ საფრთხეს შეიცავს ან ტექნიკურად მოუხერხებელია სახლის პირობებში მათი ჩატარება). დამოუკიდებლად მიღწეული შედეგი, დამერწმუნეთ, მისთვის უფრო სასიამოვნოა.

არ არის სავალდებულო პარაგრაფში მოცემული ყველა კითხვისა და ამოცანის საშინაო დავალებად მიცემა. მასწავლებელს შეუძლია, დავალება თავისი შეხედულებისამებრ შეარჩიოს ან ამისთვის თემის დამატებითი სავარჯიშოებიდან შეარჩიოს რამე.

საშინაო დავალების მომზადება გულისხმობს:

➤ **პარაგრაფის ყურადღებით ნაკითხვას.**

სთხოვეთ მოსწავლეებს, არ დაიხეპირონ ტექსტი. დახეპირების ნაცვლად მისი შინაარსის გააზრება სცადონ. ამაში დამატებითი კითხვებისა და სავარჯიშოების ნაწილში მოცემული კითხვები დაეხმარებათ. **ეს კითხვები ყვითელი ფერითაა აღნიშნული და მიზნად ისახავს, დაეხმაროს მოსწავლეს პარაგრაფში მოცემული მასალის უკეთ გააზრებაში. კითხვები ერთგვარი გეგმაა, რომლის მიხედვითაც მოსწავლე პარაგრაფში მოცემული მასალიდან მთავარი აზრის გამოტანას შეძლებს.** მოსწავლეებმა კითხვებს პასუხი ჯერ თავისი სიტყვებით უნდა გასცენ (თუ პასუხს წერილობით წარმოადგენენ, ეს მათ მასალის უკეთ აღქმაში დაეხმარება), ხოლო შემდეგ პარაგრაფში მონახონ პასუხი და გადაამოწმონ საკუთარი ვერსიის სისწორე.

მოსწავლემ არც ერთი კითხვა არ უნდა დატოვოს პასუხგაუცემელი. აუხსენით მათ, რომ კითხვების დასმა მოსარიდებელი არ არის. პირიქით, თუ კითხვა უჩნდებათ, ე. ი. მათ იფიქრეს კონკრეტულ საკითხზე. მასწავლებლის წიგნში მოცემულ შეფასების ფორმაში (იხ. შეფასების ფორმები) კითხვების დასმის უნარი კრიტერიუმებშია გაწერილი (მოსწავლე ფასდება არა მარტო კითხვებზე პასუხის გაცემისას, არამედ მაშინაც, თუ ის კითხვებს თავად დასვამს).

➤ **იმ დავალებებისა და დასკვნების ხელახლა გადახედვას, რომლებიც კლასში მუშაობისას შეასრულეს. ეს დაეხმარება მათ საშინაო დავალების დამოუკიდებლად გაკეთებაში.**

მასწავლებელმა მოსწავლეებს წინასწარ უნდა გააცნოს საშინაო დავალების შეფასების კრიტერიუმები. საშინაო დავალების შეფასების ფორმა მოცემულია მასწავლებლის წიგნში. ეს და სხვა ფორმებიც სარეკომენდაციო ხასიათისაა. თქვენ შეგიძლიათ შეცვალოთ კრიტერიუმები და მოარგოთ კონკრეტულ დავალებას. სასურველია, წლის დასაწყისში მოსწავლეებთან ერთად შეიმუშაოთ საშინაო დავალების (ასევე სხვა დავალებების) შეფასების კრიტერიუმები და გამოაკრათ თვალსაჩინო ადგილას.

9. მოამზადე თემა პრეზენტაციისთვის. თემის საპრეზენტაციოდ მომზადება გულისხმობს მოსწავლის მიერ ამა თუ იმ თემის შესახებ ინფორმაციის შეგროვებას. ინფორმაცია ძირითადად მოსწავლის უკვე არსებულ ცოდნას უნდა ეყრდნობოდეს, მაგრამ ამასთან ერთად წარმოდგენილ თემაში უნდა ჩანდეს მოსწავლის დამოუკიდებელი მუშაობა და ამ თუ იმ საკითხისადმი მისი შემოქმედებითი მიდგომა.

წარმოდგენილ თემაში უნდა ჩანდეს შეძენილი ცოდნის პრაქტიკულად გამოყენების უნარ-ჩვევები, მოსწავლის დამოკიდებულება განხილული მოვლენებისადმი და მისი დამოკიდებულება სამყაროს მიმართ (მაგ., მისი, როგორც გარემოს დამცველის, პოზიცია, უნდა შეიცავდეს რეკომენდაციებს უსაფრთხოების წესების დაცვის შესახებ და ა. შ.).

სასურველია, წარმოდგენილ თემაში მოსწავლე აცნობიერებდეს მისთვის ხელმისაწვდომი ცოდნის სხვადასხვა სფეროს კავშირს.

ნამუშევრის პრეზენტაცია არ უნდა ხდებოდეს მხოლოდ თხრობითი ფორმით, მოსწავლეებმა უნდა გამოიყენონ თვალსაჩინოებები და მონაცემთა წარმოდგენის სხვადასხვა ხერხი (სურათები, ნახატები, პლაკატები, გრაფიკები, ცხრილები, დიაგრამები, თავიანთივე დამზადებული მოდელი, პრეზენტაცია ელექტრონული ფორმით და ა. შ.). ეს საშუალებას მისცემთ, მასალის თხრობითი, მომაბეზრებელი ხასიათი განტვირთონ, უფრო კონკრეტული, რეალური და სახალისო გახადონ თემაში გადმოცემული შინაარსი.

შეახსენეთ მათ, თემა ისე წარმოადგინონ, რომ ის მარტივად გასაგები იყოს მათი თანატოლებისთვის, გამართული იყოს შინაარსობრივად, შეიცავდეს „დამაინტრიგებელ“ ინფორმაციას, ვიზუალურად სახალისო, საინტერესო და ამავე დროს თემის შინაარსის შესაბამისი იყოს.

მნიშვნელოვანია, რომ პრეზენტაციის შეფასების კრიტერიუმები წინასწარ გააცნოთ მოსწავლეებს (იხ. შეფასების ფორმა №4).

10. კვლევითი სამუშაო.

10.1 კვლევის დაგეგმვა და ჩატარება

მოსწავლეები გეგმავენ და ატარებენ კვლევას (მაგ., დაკვირვებას, ცდას, ექსპერიმენტს) სხვადასხვა გარემოში (სკოლის ლაბორატორია, ბუნებრივი გარემო, სახლი, სკოლის ეზო და ა. შ.), განსაზღვრავენ აღჭურვილობასა და სხვა საჭირო რესურსებს, წინასწარ აღწერენ კვლევის ეტაპებსა და პროცედურებს, აგროვებენ და აღრიცხავენ მონაცემებს. ამ სამუშაოს შესრულებისას მოსწავლე:

1. აფასებს მონაცემების შეგროვების სხვადასხვა გზის/რესურსების სანდოობას კვლევის მიზანთან მიმართებით (რომელი გზა უკეთესი კონკრეტული მიზნის მისაღწევად);
2. გეგმავს კვლევას ინდივიდუალურად ან ჯგუფში, რათა შეაგროვოს საჭირო მონაცემები საკვლევ კითხვაზე პასუხის გასაცემად, პრობლემის გადასაჭრელად, მტკიცებულების მისაღებად ამა თუ იმ მოვლენის/პროცესის „მეცნიერული“, არგუმენტირებული ახსნისთვის;
3. განსაზღვრავს დამოკიდებულ, დამოუკიდებელ და კონტროლირებად ცვლადებს; გამოთქვამს ვარაუდს, რა მოხდება დამოუკიდებელი ცვლადით მანიპულირების შედეგად;
4. განსაზღვრავს საჭირო მონაცემებისა და მათ მისაღებად ჩასატარებელი მანიპულაციების (მაგ., გაზომვის, დათვლის, თვალთ შეფასების) რაოდენობას; განსაზღვრავს სიზუსტის ხარისხს მონაცემების აღებისას; ადგენს კვლევის ჩატარებისთვის საჭირო დროს; აფასებს არსებულ რისკებს და ქმნის კვლევის გეგმას ამის გათვალისწინებით;
5. ირჩევს და ამზადებს სათანადო აღჭურვილობას/რესურსებს;
6. ატარებს კვლევას – დაკვირვებას/ცდას/ექსპერიმენტს/მოდელის გამოცდას/გამოკითხვას და აღრიცხავს, აანალიზებს, აფასებს მიღებულ მონაცემებს;
7. კვლევის ჩატარებისას იცავს უსაფრთხოების წესებსა და ეთიკის ნორმებს, პერსონალური, საზოგადოებრივი, გარემოსდაცვითი ასპექტების გათვალისწინებით;
8. ცდილობს, ახსნას მიღებული შედეგები (მაგ., რატომ შეიცვალა დამოკიდებული ცვლადი დამოუკიდებლის ცვლილების შედეგად);
9. იმეორებს კვლევას და მანიპულირებს ცვლადებით, რათა ახსნას მოულოდნელი შედეგი/კვლევის ჩავარდნა ან გააუმჯობესოს ჩატარებული კვლევა, მიღებული შედეგების სიზუსტე დასახულ მიზნებთან მიმართებით.

შენიშვნა:

ა) ხშირად სახელმძღვანელოში კვლევითი სამუშაოს აღწერილობაში უკვე მოცემულია საკვლევი კითხვა, მითითებულია სამუშაოსთვის საჭირო რესურსები და ის ლიტერატურა, რომელიც ინფორმაციის მოსაძიებლად საჭირო და ა. შ.

ბ) ნებისმიერი კითხვა არ შეიძლება იყოს საკვლევი. საკვლევ კითხვას თავისი მახასიათებლები აქვს, რომლებსაც ქვემოთ გთავაზობთ:

10.2. საკვლევი კითხვის მახასიათებლები

- საკვლევ კითხვას ობიექტური, მტკიცებულებებზე დაფუძნებული პასუხი აქვს, რომელიც არ არის დამოკიდებული განწყობაზე, სურვილზე, დამოკიდებულებებზე. პასუხი შეიძლება ზედმეტად მარტივიც კი იყოს, უბრალოდ „კი“ ან „არა“;
- საკვლევი კითხვა ექვემდებარება „გამოცდას“, ანუ გამოთქმული ჰიპოთეზის სისწორის შემოწმებას. ეს ნიშნავს, რომ საკვლევ კითხვაზე პასუხის მისაღებად საჭიროა გამოთქმული ჰიპოთეზის შესაბამისი დაკვირვების ან ექსპერიმენტის ჩატარება, ობიექტური მონაცემების აღრიცხვა და ანალიზი;
- საკვლევი კითხვა, შესაძლოა, არ იყოს დაკავშირებული კონკრეტულ საგნობრივ ცოდნასთან, არამედ გამომდინარეობდეს რეალობიდან და მიზნად ისახავდეს რაიმე ყოფით, ცხოვრებისეულ სიტუაციებთან დაკავშირებული საკითხების, ჩვენ გარშემო არსებული ბუნებრივი გარემოს გამოკვლევას; სასურველია, საკვლევმა კითხვამ აღძრას ბუნებრივი ცნობისმოყვარეობა და გაუჩინოს მოსწავლეს სურვილი, უპასუხოს მას;
- საკვლევ კითხვას, შესაძლოა, დასჭირდეს განმეორებით დასმა სხვა ფორმით, თუ გამოთქმულმა ვარაუდმა არ გაამართლა.

10. 3. კვლევითი სამუშაოს ანგარიში

კვლევითი სამუშაოს შესრულების შესახებ მოსწავლე წერს ანგარიშს, რომლის სარეკომენდაციო ფორმასაც აქვე გთავაზობთ.

კვლევითი სამუშაოს მიმდინარეობისა და შედეგების ანგარიში

შენიშვნა: კვლევითი სამუშაო, რომლის მიხედვითაცაა ქვემოთ მოცემული ფორმა ნიმუშის სახით შევსებული, არ შედის მე-10 კლასის ფიზიკის პროგრამაში.

მოსწავლის გვარი, სახელი -----

კლასი ----- თარიღი

კვლევითი სამუშაო № 1

საკვლევი თემა – დიფუზია სითხეებში

კვლევის ეტაპები	ცდა № 1	შეფასება			
		0	1	2	3
1. საკვლევი კითხვა.	რაზეა დამოკიდებული დიფუზიის სისწრაფე?				✓
2. საჭირო ინფორმაციის განსაზღვრა/მოძიება.	ნივთიერებათა თავისთავად შერევის მოვლენას დიფუზია ჰქვია. დიფუზია აიხსნება იმ მოსაზრებაზე დაყრდნობით, რომ ნივთიერება შედგება ცალკეული ნაწილაკებისგან, რომლებიც განუწყვეტლივ და ქაოსურად მოძრაობს.				✓
3. ვარაუდი, ჰიპოთეზა – საკვლევი კითხვაზე სავარაუდო, კვლევის წინმსწრები პასუხი, რომლის გაუმართაობაც ცდით შემოწმდება.	დიფუზიის სისწრაფე დამოკიდებულია ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობის ხასიათზე: რაც უფრო სწრაფად მოძრაობს ნაწილაკები, მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს დიფუზია.				✓
4. ცდის მოკლე აღწერა.	ვაკვირდები ორი სითხის ერთმანეთში შერევის მოვლენას.			✓	
5. დამოუკიდებელი ცვლადი – სიდიდე/პირობა, რომელიც იცვლება ცდის ჩატარების პროცესში და იწვევს სხვა სიდიდის/პირობის ცვლილებას.	სითხეების ტემპერატურა.				✓
6. დამოკიდებული ცვლადი – სიდიდე/პირობა, რომელიც იცვლება დამოუკიდებელი ცვლადის ცვლილების მიხედვით.	დიფუზიის სისწრაფე.				✓
7. პარამეტრი - მოცემული ცდის განმავლობაში მუდმივი სიდიდე/უცვლელი პირობა.	სითხეები, რომლებშიც მიმდინარე დიფუზიას ვაკვირდები, მუდმივი რჩება: დიფუზიას ვაკვირდები ორ სხვადასხვაგვარად შეფერილ წყალში.				✓

8. აღრიცხული მონაცემები /გაზომვის შედეგები.	იმ დროს, როცა სითხეების ტემპერატურა დაბალი იყო, სითხეების სრულად შერევას დაახლოებით 2 სთ დასჭირდა. მაღალი ტემპერატურის პირობებში კი სითხეები ერთმანეთს სრულად ნახევარ საათში შეერია.				✓
9. მონაცემების/ შედეგების ანალიზი, ინტერპრეტაცია და გამოტანილი დასკვნები.	მონაცემების გაანალიზების შედეგად მივედი დასკვნებამდე: 1) ნაწილაკების მოძრაობის სისწრაფე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე: თუ ნივთიერების /სხეულის ტემპერატურა მაღალია, ნაწილაკები სწრაფად მოძრაობს, ხოლო თუ ნივთიერების /სხეულის ტემპერატურა დაბალია, ნაწილაკები შედარებით ნელა მოძრაობს; 2) დიფუზიის სისწრაფე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე: დაბალი ტემპერატურის პირობებში დიფუზია ნელა მიმდინარეობს, ხოლო მაღალი ტემპერატურის პირობებში – სწრაფად.				✓
10. პასუხი საკვლევ კითხვაზე /საბოლოო დასკვნა.	დიფუზიის სისწრაფე დამოკიდებულია იმ ნივთიერებათა ტემპერატურაზე, რომელთა შერევა-საც ვაკვირდები.				✓
11. დადასტურდა თუ არა შენი ჰიპოთეზა? თუ არ დადასტურდა, ჩამოაყალიბე ახალი ჰიპოთეზა.	დადასტურდა.				✓
12. თვითშეფასება: ა) რა გამოგივიდა ყველაზე კარგად კვლევისას; ბ) რა გამოგივიდა წარუმატებლად? გ) რას შეცვლიდი კვლევის პროცესში, თავიდან რომ ატარებდე მას?	საღებავი ცდის დასაწყისში ნაწილობრივ იყო გახსნილი ერთ-ერთ ბოთლში. ის თანდათან გაიხსნა ცდის მსვლელობისას, ამიტომ თითქოს ორ ეტაპად მოხდა სითხეების შერევა და ცდა დროში გაინელა. სხვა დროს აუცილებლად თავიდანვე დავაკვირდები, რომ საღებავები სრულად იყოს გახსნილი ცდის დასაწყისშივე. ანალოგიურ ცდას ჩავატარებდი სხვა სითხეების შემთხვევაშიც, მაგ., გამოვიყენებ სხვადასხვაფრად შეღებილ ზეთს.			✓	

შენიშვნა:

1) კვლევის ანგარიშის ფორმას სარეკომენდაციო ხასიათი აქვს. შევსებულია ნიმუშის სახით. თქვენ შეგიძლიათ, კვლევითი სამუშაოს ეტაპებში თქვენთვის სასურველი სხვა ეტაპიც დაამატოთ.

2) კვლევის ანგარიშისთვის განკუთვნილი ფორმა მოცემულია სახელმძღვანელოში დანართის სახით. მოსწავლეები თავად ქმნიან ამ ფორმებს ტექსტურ რედაქტორში (Word-ის ფაილში) ან ფურცელზე/ან მასწავლებელი ურიგებს მოსწავლეებს კვლევის დაწყებისას ამობეჭდილ ფურცელზე, ან უგზავნის ელექტრონულ ვერსიას;

3) თუ კვლევითი სამუშაო რამდენიმე ექსპერიმენტს მოიცავს, ანგარიში თითოეული ექსპერიმენტის მსვლელობისა და შედეგების მიხედვით უნდა დაინეროს.

4) კვლევითი სამუშაოს შეფასების ფორმა იხ. მასწავლებლის წიგნში (შეფასების ფორმები №7).

5) **მნიშვნელოვანია**, რომ მოსწავლემ წინასწარ იცოდეს ყველა ის კრიტერიუმი, რომელთა მიხედვითაც მისი კვლევა შეფასდება.

რეკომენდაცია: ამოებქდეთ და გააკარით საკლასო ოთახში. სასურველია, თითო ცალი მოსწავლეებსაც დაურეგოთ.

10.4. პრეზენტაცია. კვლევითი სამუშაოს შედეგების გაზიარება, წარდგენა, პრეზენტაცია მნიშვნელოვანი ეტაპია მკვლევარისთვის და შესაბამის უნარებს მოითხოვს. სწორედ ამ უნარების გამომუშავება და დახვეწაა ამ ტიპის (კვლევით სამუშაოში) აქტივობებში მოსწავლეთა ჩართულობის ერთ-ერთი მიზანი. მოსწავლეს უნდა შეეძლოს საკუთარი კვლევითი სამუშაოს მსვლელობისა და შედეგების შესახებ ინფორმაციის სხვა ადამიანების (მაგ., კლასელების) წინაშე ეფექტიანად წარდგენა და დამატებით კითხვებზე პასუხის გაცემა. ეს ეტაპიც ფასდება და შეფასება აქაც ორგანიზაცია: განმავითარებელი და განმსაზღვრელი, იმის მიხედვით, რა ტიპის შეფასებას ენიჭება უპირატესობა სწავლების კონკრეტულ ეტაპზე, რა იყო სასწავლო მიზანი და ა. შ.

პრეზენტაციის წარდგენის ფორმები. მოსწავლე ირჩევს წარდგენის სასურველ ფორმას. მას შეუძლია, აუდიტორიის წინაშე წარადგინოს კვლევის პროცესის მიმდინარეობისა და შედეგების ამსახველი

ა) ზეპირი პრეზენტაცია;

ბ) პრეზენტაცია ფლიპჩარტის გამოყენებით;

გ) პრეზენტაცია ელექტრონული ფორმატით (Power Point-ის დახმარებით);

დ) ფოტო- და ვიდეომასალა (ელექტრონული ან ბეჭდური ფორმით);

ე) სადემონსტრაციო ექსპერიმენტი.

მნიშვნელოვანია, რომ მოსწავლე წინასწარ იცნობდეს ყველა იმ კრიტერიუმს, რომელთა მიხედვითაც მისი პრეზენტაცია შეფასდება (იხ. კვლევის **პრეზენტაციის შეფასების ფორმა №8**).

11. პროექტი. სახელმძღვანელოში წარმოდგენილია საინტერესო პროექტები, რომლებიც მოსწავლემ (ან მოსწავლეთა ჯგუფმა) დამოუკიდებლად უნდა მოამზადოს. პროექტს (მოკლევადიანსა და გრძელვადიანს) თავისი განსაკუთრებული სპეციფიკა აქვს, ამიტომ მასზე მუშაობისას, სასურველია, მოსწავლეებმა მოსწავლეებთან ერთად შეიმუშაოს გეგმა, რომელიც მათ სამუშაოს გარკვეულ მიმართულებას მისცემს. ამ გეგმაში დამოუკიდებელი კვლევის ის საფეხურებია მოცემული, რომლებიც პროექტის მომზადებას გულისხმობს:

1. პრობლემის გააზრება და სწორად განსაზღვრა;
2. ინფორმაციის მოძიება, შეგროვება, დახარისხება;
4. ექსპერიმენტის დაგეგმვა და წარმართვა;
5. შედეგების ანალიზი და დასკვნების გაკეთება;
6. მონაცემთა ორგანიზება;
7. წარდგენა და დაცვა ფართო აუდიტორიის წინაშე.

გაითვალისწინეთ, რომ პროექტებზე მუშაობა საკმაოდ რთულია და მხოლოდ განსაკუთრებულად დაინტერესებულ მოსწავლეებს ხელეწიფებათ. პროექტის მომზადებისას თითოეული ეტაპისთვის მოსწავლეებთან შეთანხმდით ვადებზე და აუცილებლად გამოხატეთ თქვენი აზრი, შეაფასეთ მათი შესრულებული სამუშაო ყოველი ეტაპის დასრულების შემდეგ. წინასწარ გააცანით მოსწავლეებს შეფასების კრიტერიუმები.

შესრულებული სამუშაო უნდა მოიცავდეს პრობლემის/საკითხის ანალიზს; პრობლემის/საკითხის ირგვლივ შეგროვებული ინფორმაციის ანალიზს, პროექტის დაგეგმვისა და შესრულების (აქტივობების) აღწერას, დასკვნებს, პროექტის საბოლოო პროდუქტს (ეს კვლევითი სამუშაოა, რომელსაც თან ახლავს მოსწავლის მიერ დამოუკიდებლად შექმნილი პროდუქტი: მოდელი, რეკომენდაციების ჩამონათვალი, საინფორმაციო ბუკლეტი).

პროექტის მასალებისა და საპრეზენტაციო თემისთვის ინფორმაციის მოსაძიებლად მოსწავლეებს ხშირად მოუწევთ ინტერნეტით სარგებლობა. სახელმძღვანელოში მითითებულია ინფორმაციის წყაროებიც. სასურველია, დამოუკიდებელი კვლევებისა და მოპოვებული ინფორმაციის პრეზენტაციას თან ახლდეს ვიზუალური მასალა. მოსწავლეების წიგნში გთავაზობთ მასალას სახელმძღვანელოში წარმოდგენილი პროექტების შესახებ, რაც შესაძლებლობას მოგცემთ, დაეხმაროთ მოსწავლეებს პროექტის მომზადებისას. ცხადია, ეს მასალა ძალზე მცირეა

და ავტორი იმედოვნებს, რომ თითოეულ თქვენგანს გაცილებით მეტი ინფორმაცია აქვს ამა თუ იმ საკითხის შესახებ. ის მხოლოდ ვალდებულად თვლის თავს, მცირეოდენი განმარტებები მოგანოდოთ პროექტების (უფრო სწორად, საპროექტო იდეების) შესახებ.

12. მოდელები. ფიზიკაში უდიდესი შემეცნებითი მნიშვნელობა აქვს მოდელის შექმნას – მოვლენის მოდელირებას ან რაიმე მექანიზმის ხელნაკეთ მოდელს. მოდელი აუცილებლად საკვლევი ობიექტის მსგავსია, თუმცა მათ შორის განსხვავებაცაა, რაც გამორიცხავს მათ იგივეობას. მოდელების როლი განსაკუთრებით თვალსაჩინოა იმ მოვლენათა შესწავლისას, რომელთა მიმდინარეობის მექანიზმი ძნელად აღსაქმელია. მოდელების შექმნა ერთგვარი შემოქმედებითი სამუშაოცაა მოსწავლეებისთვის, რაც მათ უდიდეს სიამოვნებას ანიჭებს. მოდელების შექმნისას ისინი აუცილებლად თანამშრომლობენ მშობლებთან, მეგობრებთან, რაც ახალისებს გაკვეთილისთვის მზადებას. მათ ეამაყებათ საკუთარი ქმნილებები, რაც ზოგჯერ ნამდვილად არ არის საფუძველს მოკლებული: მათ მიერ დამზადებული ხელსაწყოები ხშირად იმდენად სრულყოფილია, რომ შეგიძლიათ წარმატებით გამოიყენოთ სასკოლო ლაბორატორიაში.

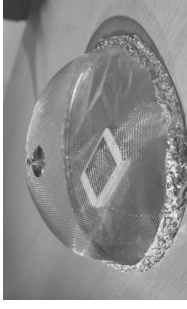
13. ინტერნეტის მისამართები. სახელმძღვანელოში მოცემული ინტერნეტსაიტების მისამართები დიდ დახმარებას გაუწევს მასწავლებელსა და დაინტერესებულ მოსწავლეებს, მაგრამ ამ საიტებს მხოლოდ სარეკომენდაციო ხასიათი აქვს და სახელმძღვანელოში მოცემული მასალა ინტერნეტის გამოყენების გარეშეც საკმარისია სასწავლო გეგმით განსაზღვრული შედეგების მისაღწევად. სახელმძღვანელოში მითითებული მისამართების QR კოდები საშუალებას მისცემს მოსწავლეებს, დაუბრკოლებლად შევიდნენ მითითებულ მისამართებზე. ამისათვის მათ შესაბამისი პროგრამა-სკანერის გადმოწერა მოუწევთ მობილურ ტელეფონში.

V. მატრიცები

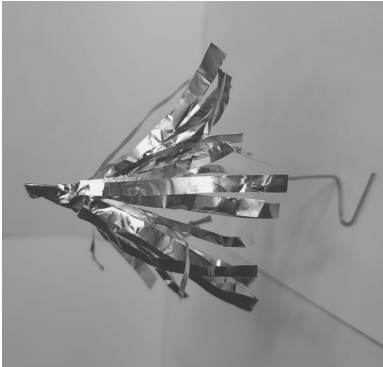
პროექტი №3: „ფარადის გაღია“.....	28
პროექტი №4: „ვერსორიუმი“	42
პროექტი №5: ლეიდენის ქილა	57

შენიშვნა. აქტივობები, კომპლექსური დავალებები სარეკომენდაციო ხასიათისაა და მასწავლებელი თავად ირჩევს მათგან სასურველს: საგაკვეთილო მიზნებიდან გამომდინარე, რესურსების ხელმისაწვდომობისა და მოსწავლეების შესაძლებლობების გათვალისწინებით.

სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	საკითხი/ქვესაკითხები	საკვანძო შეკითხვა/შეკითხვები:	შუალედური სასწავლო მიზანი
	• ელექტრული ველი • ველის დაძაბულობა • სუპერპოზიციის პრინციპი • გამტარები/დიელექტრიკები ელექტრულ ველში. ქვეცნებები: ელექტრული ძალა, დაძაბულობა, ძალ-წირები, ელექტრული ველი, ელექტროსტატიკური ინდუქცია, ელექტროსტატიკური დაცვა, გამტარი, დიელექტრიკი. კომპლექსური დავალების დაგეგმვის ეტაპები (რესურსები, აქტივობები): 1. ეტაპი: კომპლექსური დავალების ფორმა ნაბიჯი 1. როგორ უნდა წარმოგვიჩინო საკუთარი ცოდნა შესასწავლ საკითხთან მიმართებით. რესურსი: რა არის მოდელი/მოდელოება - http://bitly.ws/pCND ფარადის გალია - http://bitly.ws/oexC ელექტრული სულთანა - http://bitly.ws/pCNL აქტივობა 1. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს, რა არის მოდელი და რატომ არის მნიშვნელოვანი მოდელების შექმნა. აქტივობა 2. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს კომპლექსური დავალების პირობას და მოსწავლეებთან ერთად განიხილავს, რა ეტაპების გავლა მოუწევთ ფარადის გალიის მოდელის შესაქმნელად. ეცნობიან ელექტრონულ რესურსებს.	როგორ დავამზადო „ფარადის გალიის“ მოდელი და ვაჩვენო რომ ჩემ მიერ დამზადებული მოდელი მასში მოთავსებულ სხეულს გარე ელექტრული ველის ზემოქმედებისგან იცავს?	„ფარადის გალია“ „ელექტროტექნიკის თვალსაზრისით ადამიანის სხეულის აგებულების შესწავლა და დამარწმუნა, რომ ჩვენი სხეული წარმოადგენს ელექტროსადგურს, რომელსაც შეუძლია გამოსხივოს და მიიღოს ელექტრომაგნიტური ტალღები...“ ... რკინის ხშირი ბადისაგან საკუთარი ხელით გავაკეთე გალია და იზოლატორებზე შევდგი, ბადე სურვილისამებრ შემეძლო დამემიწებინა. გალიის წინ ძაღლს დაესვა-დით, გალიაში კი დუფოვი იჯდა.
ფიზიკური პროცესი (ფიზ.საშ. 1,3,4) მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობის აღსაწერად მეცნიერები ამ მოვლენების შესაბამის ფიზიკურ პროცესებს იკვლევენ. თითოეული პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომელთა ურთიერთდაკავშირებითაც შესაძლებელია ამ პროცესის აღწერა.			



2) ყველა ფიზიკურ მოვლენას და მის დამახასიათებელ პროცესს განაპირობებს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი. მათ შორის კავშირების დადგენა კი მეცნიერების მთავარი ამოცანაა. 3) ფიზიკური პროცესების მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებსა და მათი ცვლილებების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა მეთოდებით.	სამიზნე ცოდნის (დეკლარატიული, პირობისული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები ქვეცნება – მოდელი, კვლევითი ნაშრომი.	- რა არის მოდელი? - რა ტიპის მოდელებს იცნობ? - დაგეგმვადება თუ არა ხელსაწყო მოდელი? - რატომ იყენებენ მეცნიერები მოდელებს? რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევს „ფარადეის გალიის“ შესაქმნელად?	როცა გალია დამიწებული არ იყო, ძალიან წარმატებით ასრულებდა დუგოვის აზრობრივ ბრძანებებს, მაგრამ საკმარისი იყო, გალიის ლითონის გარსი დაგვემინებინა და არავითარი შთაგონება აღარ აღწევდა ძალადამდე: ტვინის გამოსხივებული ტალღები ლითონის ბადეს ხვდებოდა და მიწას ერთვოდა... ასე რომ, თუ ტანს ლითონის თხელი ბადით დავიფარავთ, შტორნერის აზრებს, ანუ მისი ტვინის მიერ გამოსხივებულ ელექტრომაგნიტურ ტალღებს, ბადე დაიჭერს და მიწას გადასცემს. ველარაფერს დაგვაკლებს მისი გამოსხივება. შტორნერის ტვინზე ზემოქმედებისთვის კი აზრებს საიზოლაციო კოსტიუმის ჩაუცმელად გადავცემ... ასე აღწერს ფანტასტიკური რომანის, „მსოფლიოს მზრდანებლის“ გმირი საკუთარ გამოგონებას. „რკინის გალია“, რომელიც სხეულს გარე ელექტრული ველის ზემოქმედებისგან იცავს, ფანტასტიკა სულაც არ არის. ეს სინამდვილეა და მას ფარადეის გალია ჰქვია.
II ეტაპი: კომპლექსური დავალების შინაარსი რესურსი/აქტივობა: ნაბიჯი 1. 1. დაამზადე ფარადეის გალია, რომელიც შენ მიერ შერჩეულ ელექტრომოწყობილობებს (მაგ., მობილურ ტელეფონს, პლანშეტს) გარე ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისგან დაიცავს; 2. ახსენი, როგორ იცავს „ფარადეის გალია“ გარე ელექტროსტატიკური ველისგან მასში მოთავსებულ სხეულებს (რა არის ამ მოვლენის ფიზიკური საფუძველი). აქტივობა 1. ელექტრონული და სახელმძღვანელოს რესურსების გამოყენებით მოსწავლეები ეცნობიან ელექტრულ ველს, ელექტრული ველის თვისებებს, ელექტრული ველის დაძაბულობას. ელექტრონული რესურსი: ელექტრული ველი: http://bitly.ws/pEWr	სამიზნე ცოდნის (დეკლარატიული, პირობისული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები ქვეცნება – მოდელი, კვლევითი ნაშრომი.	• რა არის მოდელი? • რა ტიპის მოდელებს იცნობ? • დაგეგმვადება თუ არა ხელსაწყო მოდელი? • რატომ იყენებენ მეცნიერები მოდელებს? რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევს „ფარადეის გალიის“ შესაქმნელად?	როცა გალია დამიწებული არ იყო, ძალიან წარმატებით ასრულებდა დუგოვის აზრობრივ ბრძანებებს, მაგრამ საკმარისი იყო, გალიის ლითონის გარსი დაგვემინებინა და არავითარი შთაგონება აღარ აღწევდა ძალადამდე: ტვინის გამოსხივებული ტალღები ლითონის ბადეს ხვდებოდა და მიწას ერთვოდა... ასე რომ, თუ ტანს ლითონის თხელი ბადით დავიფარავთ, შტორნერის აზრებს, ანუ მისი ტვინის მიერ გამოსხივებულ ელექტრომაგნიტურ ტალღებს, ბადე დაიჭერს და მიწას გადასცემს. ველარაფერს დაგვაკლებს მისი გამოსხივება. შტორნერის ტვინზე ზემოქმედებისთვის კი აზრებს საიზოლაციო კოსტიუმის ჩაუცმელად გადავცემ... ასე აღწერს ფანტასტიკური რომანის, „მსოფლიოს მზრდანებლის“ გმირი საკუთარ გამოგონებას. „რკინის გალია“, რომელიც სხეულს გარე ელექტრული ველის ზემოქმედებისგან იცავს, ფანტასტიკა სულაც არ არის. ეს სინამდვილეა და მას ფარადეის გალია ჰქვია.

ძალა (ფიზ.საშ.1,3,4) მოსწავლე უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) სხეულებს შორის ურთიერთქმედება რაოდენობრივად ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, ძალით და იგი შესაძლებელია ოთხი სხვადასხვა სახის (გრაფიტაციული, ელექტრომაგნიტური, ძლიერი, სუსტი) იყოს. ეს ურთიერთქმედება ყოველთვის ორმხრივია და უშუალო „კონტაქტით“ ან ველის საშუალებით ხორციელდება.	რესურსები სახელმძღვანელოდან: ცდა I ცდის მიზანი: ელექტრული ველის ძირითად თვისებაზე დაკვირვება (სახ. გვ. 67). მოსწავლეები დაკვირვების საფუძველზე აკეთებენ დასკვნებს და პასუხობენ კითხვებს: • როგორ აღმოაჩენ, დამუხტულია თუ არა სხეული? • როგორ იცვლება ძაფის გადახრის კუთხე ღეროსა და მასრას შორის მანძილის შემცირებასთან ერთად? • სად უფრო ძლიერია ელექტრული ველი: მუხტთან ახლოს თუ მუხტისგან მოშორებით? თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 2.1 ელექტრული ველი აქტივობა 2. მოსწავლეები ამზადებენ „სულთანს“ და ატარებენ ექსპერიმენტს (იხ. სახელმძღვანელო, გვ. 64). მოსწავლეები მიუახლოვდნენ „სულთანის“ ფოჩებს შალის ქსოვილსა ან მშრალ თმაზე ხახუნით დაელექტროვებულ სავარცხელს (სახაზავს). აღწერენ ცდის შედეგს, როგორ რეაგირებს „სულთანი“ დამუხტული სხეულების ელექტრულ ველზე. 	ინგლისელმა მეცნიერმა მაიკლ ფარადეიმ (1791–1867), ე. წ. „ფარადეის გალია“ 1836 წელს შექმნა. ფარადეის გალია მარტივი მოწყობილობაა (როგორც ყველაფერი გენიალური!) და ის ერთგვარი სათავსია (ყუთია), რომლის კედლებად ლითონის მთლიანი ფირფიტები ან ბადე გამოიყენება. ფარადეის გალიის დამზადება მარტივად შეგიძლია და ამისთვის საყოფაცხოვრებო ნივთებიც გამოგადგება, მაგ., ლითონის ნებისმიერი ჭურჭელი (ქვაბი, სათლი, ქილა, ყუთი, ლითონის საცერი). მთავარია, ჭურჭლის შიდა კედლები არაგამტარი მასალით იყოს დაფარული.
---	---	---

2) სხეულზე ერთი ძალის ან ძალების ტოლქმედის მოქმედება იწვევს ამ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას ან/და მის დეფორმაციას. ძალის (ტოლქმედის) მოქმედების შედეგი კი დამოკიდებულია მის მოდულზე, მიმართულებაზე, მოძვლების წერტილზე, მოქმედების ხანგრძლივობასა 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. ელექტრონული და სხვა დამხმარე რესურსების გამოყენებით (პლაკატები, ნახაზები, სქემები) მოსწავლეები ეცნობიან, როგორ შეიძლება ელექტრული ველის თვალსაჩინოდ წარმოდგენა გრაფიკულად. მოსწავლეები „სულთნის“ დახმარებით აკვირდებიან, როგორ განლაგდება მისი „ფორჩები“ ელექტრულ ველში (ცდა I – III, გვ. 74). ელექტრონული რესურსები: http://bitly.ws/odn7 http://bitly.ws/pEXd http://bitly.ws/ocPP რესურსები სახელმძღვანელოდან: ელექტრულ ველზე დაკვირვება „ელექტრული სულთნის“ და ელექტროფორული მანქანის გამოყენებით (ცდა I – III, გვ. 74). თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 2.2 ელექტრული ველის ძალწირები. აქტივობა 4. მოსწავლეები ასრულებენ პრაქტიკულ დავალებებს თემაზე: ველის დაძაბულობა, ველების სუპერპოზიციის პრინციპი (სახ. გვ. 76-78. დამატებითი სავარჯიშოები: გვ.131-133); აქტივობა 5. მოსწავლეები სახელმძღვანელოსა და დამხმარე რესურსების გამოყენებით ეცნობიან ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენას. ელექტრონული რესურსი: http://bitly.ws/pEXF http://bitly.ws/pEXK http://bitly.ws/pCQK
	ფარადეის გალია მასში მოთავსებული სხეულის გარე ელექტრული ველის ზემოქმედებისგან იცავს და ამიტომ სხეული იზოლირებული უნდა იყოს გარემოსგან. ამ მიზნით, გალიას ამიწებენ კიდეც. ფარადეის გალია ნამდვილად იცავს გარე ელექტრული ველისგან მასში მოთავსებულ სხეულებს და ამ მოვლენას ფიზიკაში „ელექტროსტატიკურ დაცვას“ უწოდებენ. სწორედ ამ მოვლენის იმედოდ გრძნობენ თავს საიმედოდ დაცულად „სამეცნიერო თეატრის“ მსახიობები, რომლებიც სახიფათო ექსპერიმენტებს თეატრალური წარმოდგენების სახით დგამენ. შენი დავალებაა: დაამზადო ფარადეის გალია და ახსნა, რა არის მოვლენის, „ელექტროსტატიკური დაცვის“, ფიზიკური საფუძველი.

3) სხეულთა სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის მნიშვნელობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ენერგიისა და იმპულსის ცვლილებას, ხოლო მყარ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედისა და ამ ძალების მომენტების ჯამის მნიშვნელობა – სხეულის წონასწორობის პირობას. 4) სხეულის (სხეულთა სისტემის) მდგომარეობის აღმწერი პარამეტრებისა და ამ მდგომარეობის გამომწვევი ძალის (ძალების) ერთმანეთთან დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით.	რესურსები სახელმძღვანელოდან: ცდა I – მოსწავლე აკვირდება, როგორ იზიდავს დამუხტული სხეული დაუმუხტავს (გვ. 80). ცდა II – მოსწავლე აკვირდება, რომ ელექტრულ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტროსტატიკური ველი ნულის ტოლია (გვ. 84). თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 2.4 გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში. აქტივობა 6. პრაქტიკული სამუშაო. მოსწავლეები მუშაობენ ამოცანების ამოხსნაზე (გვ. 133 – 135). აქტივობა 7. მოსწავლეები ამზადებენ ფარადეის გალიას. ათავსებენ „სულთანს“ „ფარადეის გალის“ ქვეშ და მიუახლოებენ მას დაელექტრობულ სავარცხელს (სახაზავს). აღწერენ ცდის შედეგს, რეაგირებს თუ არა „სულთანი“ ელექტრულ ველზე და გამოაქვთ დასკვნა, იცავს თუ არა ფარადეის გალია გარე ელექტრული ველის ზემოქმედებისგან სხეულს. რესურსი სახელმძღვანელოდან: გვ. 65. 
	კომპლექსური დავალების პრეზენტაციისას წარმოაჩინე: 1. „ფარადეის გალის“ დამზადების ეტაპების დაწვრილებითი აღწერილობა; 2. მიზეზ – შედეგობრივი კავშირი ყველა იმ ფიზიკურ მოვლენასა და მის თანმდევ პროცესს შორის (რა მიზეზითაა გამოწვეული, რა შედეგი მოჰყვება), რომლებსაც „გალის“ მოქმედება ეფუძნება (ფიზ.პრ.,2); 3. როგორ ხორციელდება ურთიერთქმედება ველის საშუალებით და რა ფიზიკური სიდიდეებით შეიძლება დაეახსიათოთ ეს ურთიერთქმედება (ძალა,1);

	მოსწავლეები ატარებენ ცდებს. ცდა 1. 1. მოათავსე შენ მიერ დამზადებული გალიის შიგნით ელექტრული „სულთან“; 2. მიუახლოვე „სულთანს“ დაელექტროებული ჯოხი (მაგ., წყალგაცანილობისთვის განკუთვნილი პლასტიკის მილი, რომელიც ეფექტიანად ელექტროვდება შალის ქსოვილზე ხახუნით); 3. დააკვირდი სულთნის ფორების გადახრის კუთხეს: როგორ არის დამოკიდებული კუთხის სიდიდე ა) იმ მანძილზე, რომლითაც სულთანს დაელექტროებული ჯოხიდანაა (გალიის წყაროდანაა) დაშორებული; ბ) ჯოხის მუხტზე (მანძილი ჯოხამდე არ შეცვალო. ცვალებად ჯოხის მუხტი: მაგ., გაახახუნე ჯოხი შალზე ჯერ 1 წთ, შემდეგ კი – 3 წთ); გ) დაელექტროებული ჯოხის მდებარეობაზე გალიის მიმართ (ცვალებად ჯოხის ორიენტაცია სივრცეში). გამოიტანე დასკვნა: როგორ არის დამოკიდებული ელექტრული ძალის მოქმედების შედეგი (სულთნის ფორების გადახრის კუთხე) მის მოდულზე, მიმართულეებზე, მანძილზე; ცდა 2. 1. მოათავსე ელექტრული „სულთან“ ისეთი ბადისგან დამზადებული გალიის შიგნით, რომელსაც საკმაოდ დიდი უჯრედები აქვს; 2. მიუახლოვე „სულთანს“ დაელექტროებული ჯოხი; დააკვირდი: არის თუ არა დამოკიდებული „გალიის“ დაცვის უნარი მანძილზე სულთნიდან დაელექტროებულ ჯოხამდე? როგორია ეს დამოკიდებულება? 3. აითვალე ის მინიმალური მანძილი სულთანსა და ჯოხს შორის, რომელზედაც ჯოხი სულთანზე ზეგავლენას ვერ ახდენს; 4. გაიმეორე ცდა, ოღონდ ამჯერად ისეთი ბადისგან დამზადებული გალია, რომელსაც ძალიან პატარა უჯრედები აქვს. შეადარე ცდის შედეგები და გამოიტანე დასკვნა: არის თუ არა დამოკიდებული ბადის უჯრედების ზომაზე „გალიის“ დაცვის უნარი? როგორია ეს დამოკიდებულება?
4. როგორ არის დამოკიდებული ა) ელექტრული ძალის მოქმედების შედეგი (სულთნის ფორების გადახრის კუთხე) მის მოდულზე, მიმართულეებზე, მანძილზე (ძალა, 2, 4. ფიზ. პრ., 3); ბ) ბადისგან დამზადებული „გალიის“ დაცვის უნარი: • მასალაზე, რისგანაც გალიაა დამზადებული (ფიზ. პრ., 3); • გალიიდან ველის წყარომდე მანძილზე, ერთი და იმავე ბადის შემთხვევაში (ძალა, 2, 4. ფიზ. პრ., 3); • ბადის თითოეული უჯრედის ზომაზე, როცა წყარომდე მანძილი უცვლელია (ძალა, 4. ფიზ. პრ., 3); 5. არის თუ არა დამოკიდებული „გალიის“ დაცვის უნარი გალიის კედლის სისქეზე, თუ კედელი მთლიანი ლითონის ფირფიტისგანაა დამზადებული (ძალა, 2, 4. ფიზ. პრ., 3); 6. რა პრაქტიკული გამოყენება აქვს ფარადების გალიას და რაში იყენებენ მას ტექნიკა და ყოფა-ცხოვრებაში.	

	სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები ქვეცნება – ელექტრული ძალა, დაძაბულობა, ძაღწირები, ელექტრული ველი, ელექტროსტატიკური ინდუქცია, ელექტროსტატიკური დაცვა, გამტარი, დიელექტრიკი.	• როგორ ხორციელდება ელექტრომაგნიტური ურთერთქმედება? • როგორ იქმნება სივრცეში ელექტრული ველი? • რა არის ელექტრული ძალა? • როგორ აღმოვაჩინეთ რომ დაზუხტული სხეული თავის გარშემო ელექტრულ ველს ქმნის? • სად უფრო ძლიერია ელექტრული ველი, მუხტთან ახლოს თუ მუხტისგან მოშორებით? • რა არის ელექტრული ველის მთავარი თვისება? • როგორ ველს ვუწოდებთ ელექტროსტატიკურ ველს? • რაზეა დამოკიდებული ორი უძრავი ნერტილოვანი მუხტის ურთიერთქმედების ძალის მოდული? • როგორ „დაგეზმარება“ შენ მიერ დამზადებული „სულთანი“ ელექტრული ველის აღმოჩენაში? • როგორ შეგვიძლია ელექტრული ველის გრაფიკულად წარმოდგენა? • როგორაა მიმართული სვადასხვა მუხტის ელექტრული ველის ძაღწირები? • რა ინფორმაციას გვაძლევს ელექტრული ველის ძაღწირები ელექტრულ ველზე?
--	---	--

		• რა არის ელექტრული ველის დაძაბულობა? რას გვიჩვენებს ის? • როგორ არის მიმართული ელექტრული ველის დაძაბულობა? • რა არის დაძაბულობის ერთეული? • ელექტრული ველის როგორი მახასიათებელია დაძაბულობა? • რაზეა დამოკიდებული ნერტილობის მუხტის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დაძაბულობა? • როგორ გამოითვლება ნერტილობის მუხტის ველის დაძაბულობის მოდული? • რას ეწოდება ერთგვაროვანი ელექტრული ველი? • რაში მდგომარეობს ველების სუპერპოზიციის პრინციპი? • როგორ ნივთიერებებს უწოდებენ გამტარებს? • რით არის განხირობებული ამ ნივთიერებების კარგი ელექტროგამტარობა? • რომელი ნივთიერებებია ელექტრული მუხტის კარგი გამტარები? • რა არის ელექტრომაგნიტური ინდუქცია? • რის ტოლია ელექტრულ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტროსტატიკური ველი?
--	--	--

	- რა მოვლენას უწოდებენ ელექტროსტატიკურ დაცვას? რა პრაქტიკული გამოყენება აქვს ამ მოვლენას? - როგორ ნივთიერებებს უწოდებენ დიელექტრიკებს? - რას ეწოდება პოლარული/არაპოლარული დიელექტრიკი? - რატომ იზიდავს დაელექტროებული ჯოხი ნეიტრალური ქაღალდის ნაკუნებს? - რა არის პოლარიზაცია? - რა გამოყენება აქვს დიელექტრიკებს? - რა არის დიელექტრიკული შეღწევადობა? - რატომ იცავს "ფარადეის გალია" გალიის შიგნით მოთავსებულ სხეულს გარე ელექტრული ველისგან?	
	ნახიჯი 2. 3. შენ მიერ მოძიებული ინფორმაციის საფუძველზე იმსჯელე, რა პრაქტიკული გამოყენება აქვს ფარადეის გალიას და რაში იყენებენ მას ტექნიკასა და ყოფაცხოვრებაში (ფიზ. პროცესი. მკ.2). აქტივობა 1. ინფორმაციის მოძიება "ფარადეის გალიის" გამოყენებაზე ტექნიკასა და ყოფაცხოვრებაში აქტივობა 2. დისკუსია თემაზე: "ფარადეის გალია" ყოფა-ცხოვრებაში.	

	სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისუფლო, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები. ქვეცნება - ელექტრული ძალა, დაძაბულობა, ძალნირები, ელექტრული ველი, ელექტროსტატიკური ინდუქცია, ელექტროსტატიკური დაცვა, გამტარი, დიელექტრიკი.	• რატომ იყო ფარადეის გალის გამოგონება მნიშვნელოვანი? • რატომ არ მუშაობს მობილური ტელეფონი ლიფტში? • გინახავთ თუ არა „ფარადეის გალია“ ყოფა-ცხოვრებაში? სად? • არის თუ არა მიკროტალღური ლუმელი „ფარადეის გალია“ რატომ? • როგორ ფიქრობთ, არის თუ არა უსაფრთხო ავტომობილში დარჩენა ელვის დროს? • როგორ ფიქრობ, ვინ უნდა დაინტერესდეს შენ მიერ შექმნილი მოდელით?	
	კომპლექსური დავალების პრეზენტაციის პროცესში მასწავლებლის მიერ დასმული შეკითხვები: • აღწერე, როგორ წარიმართა დავალებაზე მუშაობის პროცესი; • აღწერე, რა პრობლემები შექმენი; • რა საკითხი შეეხება შენ მიერ მომზადებული დავალება? • ახსენი, რატომ შექმენი მოდელი ასეთი სახით? • შენი აზრით, ვინ უნდა დაინტერესდეს შენ მიერ შექმნილი მოდელით და რატომ? • რა პრობლემები შეგხვდა დავალებაზე მუშაობის პროცესში? • რას გააკეთებდი სხვაგვარად, ახლა რომ იწებდე დავალებაზე მუშაობას? • თუ შეგისრულებია აქამდე მსგავსი ფორმის ან შინაარსის დავალება? • შენი აზრით, რით ჰგავს და რით განსხვავდება შენი დავალება შენი თანაკლასელების ნაშრომებისგან?		

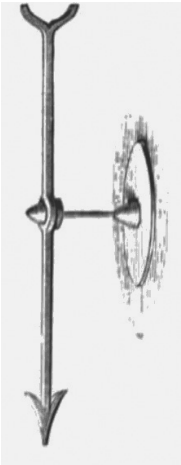
ცნება: ფიზიკური პროცესი, ძალა	
აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს სიღრმისეულად აქვს გააზრებული საკითხის არსი/არსობრივი მახასიათებლები, რაც მას ამ ცოდნის განზოგადებისა და მისი დეკონტექსტუალიზების/სხვა მსგავს მაგალითებთან შედარების საშუალებას აძლევს. უკავშირებს განსახილველ საკითხს საკუთარ პირად გამოცდილებას.	მოსწავლე საუბრობს ელექტრული მუხტის თვისებებზე; მსჯელობს სხეულთა და ელექტროების მექანიზმზე, დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედებაზე, მუხტის შენახვის კანონზე; საუბრობს ელექტრულ ველზე და გამოსახავს ძაღწირებით; მსჯელობს ხახუნით, გავლენით სხეულთა და ელექტროებაზე; მსჯელობს ელექტრული ველის დაძაბულობაზე და ველების სუპერპოზიციის პრინციპზე; მსჯელობს, როგორ განაწილდება მუხტი ელექტროსტატიკურ ველში მოთვსებულ გამტარებში/დიელექტრიკებში; ხსნის, რატომ არის ელექტრულ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტროსტატიკური ველი ნულის ტოლი; ხსნის, რა არის ელექტროსტატიკური დაცვა; იყენებს თეორიულ ცოდნას რაოდენობრივი და თვისობრივი ამოცანების ამოხსნისას; ატარებს ექსპერიმენტს, აანალიზებს ექსპერიმენტის შედეგებს და გამოაქვს დასკვნები. ამზადებს „ელექტრულ სულთანს“/„ფარადეის გალიას“ და მსჯელობს მისი მოქმედების პრინციპზე; ატარებს კვლევას, წარმოადგენს კვლევის შედეგებს და გამოაქვს შესაბამისი დასკვნები; მოიძიებს ინფორმაციას „ფარადეის გალიაზე“ და საუბრობს მის პრაქტიკაში გამოყენებაზე. ამჟღავნებს სიღრმისეულ ცოდნას და ახდენს ცოდნის ტრანსფერს; განაზოგადებს და იყენებს მიღებულ ცოდნას (ამზადებს სხვა მოდელებს/ატარებს ექსპერიმენტებს).

მიმართებითი დონე მოსწავლეს ესმის განსახილველი საკითხის არსი; ხედავს ურთიერთმიმართებებს საკითხთან დაკავშირებულ არსებით სტრუქტურულ ერთეულებს შორის.	მოსწავლე საუბრობს ელექტრული მუხტის თვისებებზე; მსჯელობს სხეულთა დაელექტროების მექანიზმზე, დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედებაზე, მუხტის შენახვის კანონზე; საუბრობს ელექტრულ ველზე და გამოსახავს ძალწირებით; მსჯელობს ხახუნით, გავლენით სხეულთა დაელექტროებაზე; მსჯელობს ელექტრული ველის დაძაბულობასა და ველების სუპერპოზიციის პრინციპზე; მსჯელობს, როგორ განაწილდება მუხტი ელექტროსტატიკურ ველში მოთვსებულ გამტარებში/დიელექტრიკებში; ხსნის, რატომ არის ელექტრულ ველში მოთავსებული გამტარის შიგნით ელექტროსტატიკური ველი ნულის ტოლი; ხსნის, რა არის ელექტროსტატიკური დაცვა; იყენებს თეორიულ ცოდნას რაოდენობრივი და თვისობრივი ამოცანების ამოხსნისას; ატარებს ექსპერიმენტს, აანალიზებს ექსპერიმენტის შედეგებს და გამოაქვს დასკვნები. ამზადებს „ელექტრულ სულთანს“/„ფარადეის გალიას“ და მსჯელობს მისი მოქმედების პრინციპზე; ატარებს კვლევას, წარმოადგენს კვლევის შედეგებს და გამოაქვს შესაბამისი დასკვნები; მოიძიებს ინფორმაციას „ფარადეის გალიაზე“ და საუბრობს მის პრაქტიკაში გამოყენებაზე.
მუდმივსტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან მიმართებით.	მოსწავლემ იცის მუხტის თვისებები; როგორ ხდება სხეულთა დამუხტვა; მუხტის მუდმივობის კანონი; როგორ წარმოიქმნება ელექტრული ველი სივრცეში; რა არის ელექტრული ძალა; როგორ გამოისახება ელექტრული ველი გრაფიკულად; რომ სხეულების დამუხტვა შესაძლებელია ხახუნით, გავლენით. თუმცა უჭირს მსჯელობა ამ საკითხზე;

	ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელი - დაძაბულობა, დაძაბულობის ერთეული, გამოსათვლელი ფორმულა; რომ დაძაბულობა ვექტორული სიდიდეა და საითაა მიმართული ის; როგორ ნივთიერებს ვუნოდებთ გამტარებს/დიელექტრიკებს; ასახელებს მუხტის გამტარებს/დიელექტრიკებს; რომ გამტარის შიგნით ელექტროსტატიკური ველი ნულის ტოლია, თუმცა ვერ ხსნის რატომ. განმარტავს ველების სუპეროპოზიციის პრინციპს. მოსწავლე ხსნის მარტივ ამოცანებს; ვერ ატარებს ექსპერიმენტს ან ატარებს ხარვეზებით. არ შეუძლია/უჭირს ექსპერიმენტის შედეგებზე მსჯელობა და დასკვნების გამოტანა ექსპერიმენტის შედეგებზე დაყრდნობით; ამზადებს „ელექტრულ სულთანს“/„ფარადეის გალიას“. თუმცა უჭირს/ან არ შეუძლია ახსნას მისი მოქმედების პრინციპი. ვერ ატარებს კვლევას ან ჩატარებული კვლევა და დასკვნები შეიცავს უზუსტობებს. მოიძიებს მწირ ინფორმაციას „ფარადეის გალიაზე“, თუმცა უჭირს/ვერ საუბრობს მის პრაქტიკულ გამოყენებაზე.
უნიტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან მიმართებით.	მოსწავლე იცის ჩამოთვლილთაგან ერთ-ერთი: დამუხტულმა სხეულებმა შეიძლება ერთმანეთი მიიზიდონ ან განიზიდონ; სხეული შეიძლება დაიმუხტოს დადებითად ან უარყოფითად; ელექტრულ ველს ახასიათებენ ვექტორული სიდიდით, დაძაბულობით. თუმცა არ იცის, რა არის ელექტრული ველის დაძაბულობის ფიზიკური არსი; დაძაბულობის ან მუხტის ერთეული. ლიტონები მუხტის კარგი გამტარებია. ასახელებს დიელექტრიკებს. ამზადებს „ფარადეის გალიას“. თუმცა არ იცის რას წარმოადგენს ან რაში გამოიყენება ის.
პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან მიმართებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.	მოსწავლეს არ აქვს შესაბამისი ცოდნა იმ საკითხებთან მიმართებით, რომელიც უკავშირდება კომპლექსურ დავალებას.

განმსაზღვრელი შეფასება

მოდელის დაშვება	ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნა		კომპლექსური დავალების შეფასების კრიტერიუმები
0 - 2 ქულა	0 - 4 ქულა		0 - 4 ქულა
მოსწავლემ ვერ/არ დაამზადა „ფარადეის გალია“.	ფაქტობრივი ცოდნა	პროცედურული ცოდნა	ვერ აკმაყოფილებს შეფასების კრიტერიუმებს.
0 ქულა	მოსწავლემ იცის	მოსწავლე	0 ქულა
მოსწავლემ დაამზადა „ფარადეის გალია“, მაგრამ ვერ ხსნის მისი მოქმედების პრინციპს.	- როგორ ხდება სხეულთა დაძლევა ტროება ხახუნით და გავლენით; - ელექტრული მუხტის თვისებები; - ელექტრული მუხტის შენახვის კანონის არსი; - რა არის ელექტრული ველი. - როგორ გამოისახება ელექტრული ველი გრაფიკულად; - რა არის ერთგვაროვანი ელექტრული ველი; - ელექტროსტატიკური ინდუქციის არსი; - როგორი ნივთიერება/სხეულია მუხტის გამტარი და დიელექტრიკი; - როგორი სიდიდეა ელექტრული ველის დაძაბულობა, რა არის დაძაბულობის ერთეული, როგორ გამოითვლება ის; - ველების სუპერპოზიციის პრინციპის არსი; - როგორ გადანაწილდება ელექტრული მუხტი ელექტროსტატიკურ ველში მოთავსებულ გამტარში.	- ატარებს ექსპერიმენტს, კვლევას, წარმოადგენს მონაცემებს, შეუძლია მონაცემების დამუშავება და დასკვნების გაკეთება. - იყენებს შესაბამის თეორიულ ცოდნას რაოდენობრივი და თვისობრივი ამოცანების ამოხსნას. - იკვლევს, როგორ იცავს „ფარადეის გალია“ გარე ელექტრული ველისგან მისში მოთავსებულ სხეულებს.	მოსწავლემ ნაწილობრივ გაართვა თავი შეფასების კრიტერიუმებს და ვერ შეძლო ცოდნის განზოგადება.
1 ქულა		0-2 ქულა	1 ქულა
მოსწავლემ დაამზადა „ფარადეის გალია“ და შეუძლია, ახსნას მისი მოქმედების პრინციპი			მოსწავლემ გაართვა თავი შეფასების კრიტერიუმებს, მაგრამ ვერ შეძლო ცოდნის განზოგადება.
2 ქულა		0-2 ქულა	2 - 3 ქულა
			მოსწავლემ სრულად გაართვა თავი შეფასების კრიტერიუმებს და შეძლო ცოდნის განზოგადება.
			4 ქულა

სამიზნე ცნება და მასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:	საკითხი/ქვესაკითხები • ელექტრული მოვლენები • ელექტრული მუხტის თვისებები • მუხტის მუდმივობის კანონი • ელექტრული ველი • ელექტროსტატიკური ინდუქცია ქვეცნებები: ელექტრული მუხტი, პროტონი, ელექტრონი, ელექტრული ველი, ელექტრული ძალა, ელექტროსტატიკური ინდუქცია.	საკვანძო შეკითხვა / შეკითხვები: როგორ დავალაგო ჩემ მიერ შექმნილი „ვერსიონი“ მოდელის გამოყენებით მასალები და ელექტრონების ხარისხისა და ელექტრული მუხტის ნიშნის მიხედვით?	შუალედური სასწავლო მიზანი
მატიერია (ფიზ. საშ. 1, 3, 4) მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) მატერიის ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები დამოკიდებულია: ა) ნივთიერების გვარობაზე და გარემო პირობებზე; ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთმდებარეობასა და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე.	კომპლექსური დავალების ეტაპები (რესურსები, აქტივობები): 1 ეტაპი: კომპლექსური დავალების ფორმა ნაბიჯი 1. როგორ წარმოვამოქმედოთ საკუთარი ცოდნა შესასწავლ საკითხთან მიმართებით. ელექტრონული რესურსი: რა არის მოდელი/მოდელირება - http://bitly.ws/pCND სხეულთა და ელექტრონების - http://bitly.ws/pCNL ვერსიონების მოდელი - http://bitly.ws/okxF		„ვერსიონი“ – ელექტროსტატიკის შორეული წინაპარი უილიამ გილბერტმა, რომელიც ანტიკური ხანის სწავლულთა მოსწრებებითა და მათი ნაშრომებით დაინტერესდა, ელექტრული მოვლენების კვლევა ხელსაწყო დახმარებით გადამწყვეტია. მან 1600 წელს უმარტივესი ხელსაწყო, ვერსიონი, შექმნა.

2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები აიხსნება: ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურად მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობითა და სამივე მათგანის ცვლილებით; ბ) ველის წარმოქმნილი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებით და ამ ობიექტების მიერ მოცემული ველის წარმოქმნის უნარით.	აქტივობა 1. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს, რა არის მოდელი და რატომ არის მნიშვნელოვანი მოდელების შექმნა. აქტივობა 2. მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს კომპლექსური დავალების პირობას და მოსწავლეებთან ერთად განიხილავს, თუ რა ეტაპების გავლა მოუწევთ ვერსიოების მოდელის შესაქმნელად. ეცნობიან ელქტრონულ რესურსებს.	„ვერსიოები“ ლათინური სიტყვაა და „მბრუნავს“ ნიშნავს. ვერსიოების ძირითადი ნაწილი ლითონის მსუბუქი ნაკრები, რომელიც საყრდენზე დამაგრებული ვერტიკალურ ღერძზეა ჩამოცმული. ნაკრები ღერძის გარშემო ჰორიზონტალურ სიბრტყეში თავისუფლად ბრუნავს. დაეღებურობული სხეულის ნაკრები მიახლოებისას, ნაკრები შემობრუნდება. სწორედ ვერსიოების დახმარებით აღმოაჩინა გილბერტმა, რომ ხახუნის შედეგად მიზიდულობის უნარს არა მარტო ქარვა, არამედ სხვა სხეულებიც (მაგ., საფირონი, ალმასი, მინა) იძენდა. სხეულთა ზოგიერთი წყვილი უკეთ იმუხტება ხახუნისას, ზოგი კი საერთოდ არ ელექტროვდება.
3) მატერიის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილების გამოწვევები მიზეზებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით.	სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები ქვეცნება – მოდელი, ცხრილი	- რა არის მოდელი? - რაში გვეხმარება რაიმე მოვლენის მოდელირება? - რა ტიპის მოდელებს იცნობთ? - დაგომზადებია ხელსაწყო მოდელი? - რატომ იყენებენ მეცნიერები მოდელებს? - რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევს „ვერსიოების“ შესაქმნელად?

ფიზიკური პროცესი (ფიზ.საშ.1,3,4) მოსწავლე უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობის აღსაწერად მეცნიერები ამ მოვლენების შესაბამის ფიზიკურ პროცესებს იყვლევენ. თითოეული პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომელთა ურთიერთდაკავშირებითაც შესაძლებელია ამ პროცესის აღწერა. 2) ყველა ფიზიკურ მოვლენას და მის და-მხასიათებელ პროცესს განაპირობებს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი. მათ შორის კავშირების დადგენა კი მეცნიერების მთავარი ამოცანაა. 3) ფიზიკური პროცესების მხასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებსა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა ან სხვა მეთოდებით.	II ეტაპი: კომპლექსური დავალები პინასისი (რესურსი/აქტივობა). ნაბიჯი 1 1. როგორ დამზადე „ვერსორიუმი“ და რომელ ფიზიკურ მოვლენას ეფუძნება მისი მოქმედების პრინციპი (ფიზ. პროცესი მკ.1,2); 2. „ვერსორიუმის“ გამოყენებით ჩატარებულ ექსპერიმენტებში სხეულთა რომელი ნაწილები დაეღებოდა ხახუნის შედეგად და რომელი არა (წარმოადგინე ექსპერიმენტების აღწერილობა) (მატერია მკ.1, 2). აქტივობა 1. ელექტრონული და სახელმძღვანელოში არსებული რესურსებით მოსწავლეები ეცნობიან ელექტრულ მოვლენებს. ელექტრონული რესურსი: http://bitly.ws/pCPw http://bitly.ws/rjtD რესურსები სახელმძღვანელოდან: ექსპერიმენტები: ექსპერიმენტის მიზანი: მოსწავლეები აკვირდებიან დამუხტული სხეულების ელექტრომაგნიტურ ურთიერთქმედებას. ცდა I; ცდა II (სახ. გვ. 14). თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 1.1 ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება (გვ. 14 – 18).	ერთი და იგივე სხეული შესაძლებელია სხვადასხვა ნიშნის მუხტით დაიზუტოს იმის მიხედვით, რა მასალისგან დამზადებული სხეულს ეხება. ასე რომ, შენ უკვე შეგიძლია მასალის კლასიფიკაცია დაეღებოდა ხახუნის და ელექტრონული მუხტის მიხედვით. ასეთი კლასიფიკაცია პირველად 1757 წელს შედგა მეცნიერმა, იოჰან კარლ ვილემ სცადა და მასალები ე.წ. ტრიბოელექტრული მწკრივი განალაგა. „ტრიბო“ („ტრიბოს“) ბერძნულად „ხახუნს“ ნიშნავს. მოვლენა, რომლის დროსაც შემხებ სხეულებს შორის ელექტრონები გადაინაწილება და სხეულთა გაცალკეების შემდეგ მათზე გაუნაწილებელი ელექტრული მუხტი გროვდება, ტრიბოელექტრული ეფექტის სახელითაა ცნობილი.
--	--	--

აქტივობა 2. ელექტრონული რესურსებითა და საკლასო ექსპერიმენტების დახმარებით მოსწავლეები ეცნობიან სხეულთა და ელექტროუბას, მუხტის თვისებებს, მუხტის შენახვის კანონს. მასწავლებელი ესაუბრება მოსწავლეებს ელექტრულ ველზე და ელექტროსტატიკურ ინდუქციაზე.

ელექტრონული რესურსები:

- <http://bitly.ws/pCPw>
- https://javalab.org/en/electrostatic_induction_metal_bonding_en/
- სხეულთა დამუხტვა: <http://bitly.ws/pCQk>
- <http://bitly.ws/pCQr>

გავლენით დამუხტვა: <http://bitly.ws/pCQK>

რესურსები სახელმძღვანელოდან:

ელექტრულ მოვლენებზე დაკვირვება:

მოსწავლეები ექსპერიმენტებით აკვირდებიან, როგორ ელექტროვდება სხეულები ხახუნისას. აღწერენ ექსპერიმენტების შედეგებს. პასუხობენ კითხვებს:

- როგორ ელექტროვდება სხეული?
- რა არის საჭირო სხეულის ხახუნით და ელექტროებისთვის?

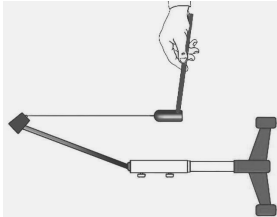
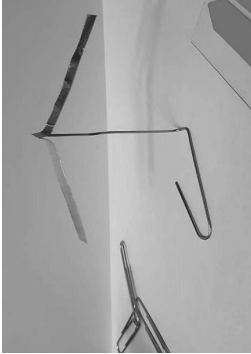
ცდა I (სახ. გვ. 19)



ტრიბოელექტრულ მწკრივში მასალები დალაგებულია იმის მიხედვით, თუ რა ნიშნის მუხტი გროვდება მათზე სხვადასხვა მასალისგან დამზადებული სხეულებთან შეხებისას (ხახუნისას): თუ მწკრივიდან რომელიმე ორი მასალისგან დამზადებულ სხეულთა წყვილს შევარჩევთ, ხახუნის შედეგად დადებითად დაიმუხტება ის სხეული, რომელიც მწკრივის დადებით ბოლოსთან უფრო ახლოსაა. შესაბამისად, მეორე სხეული, რომელიც მწკრივის უარყოფით ბოლოსთანაა ახლოს, უარყოფითად დაიმუხტება.

შენი დავალებაა

დამზადო „ვერსორიუმი“, ახსნა მისი მოქმედების პრინციპი და შექმნა ტრიბოელექტრული მწკრივი.

ცდა II, III, IV (სახ. გვ. 21)  თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 1.2. ელექტრული მოვლენები 1.4. ელექტრული მუხტი თვისებები 2.1. ელექტრული ველი (სახ.გვ. 67,68) ელექტროსტატიკური ინდუქცია. (სახ. გვ. 83,84) აქტივობა 3. მოსწავლეები მუშაობენ ამოცანებსა და ტესტურ დავალებზე (სახელმძღვანელოდან, თავის ბოლოს დამატებითი კითხვები და ამოცანები) აქტივობა 4. მოსწავლეები მოიძიებენ ინფორმაციას ვერსორიუმის შესახებ, ეცნობიან სახელმძღვანელოში არსებულსა და დამატებით ელექტრონულ რესურსებს. ამზადებენ „ვერსორიუმს“. ელექტრონული რესურსი: http://bitly.ws/okxH რესურსები სახელმძღვანელოდან: დავალება 1. როგორ დავამზადოთ „ვერსორიუმი“? (სახ.გვ. 80) 	ნაშრომის პრეზენტაციის წარმოჩინე 1. ვერსორიუმის დამზადების ცალკეული ეტაპის აღწერა და მიზეზ – შედეგობრივი კავშირი ყველა იმ ფიზიკურ მოვლენასა და მის თანმდევ პროცესს შორის, რომელსაც მოდელის მოქმედება ეფუძნება (მაგ., რა მიზეზით გენერირდება ელექტრული მუხტები მოხაზუნე სხეულებზე, ვერსორიუმზე და რა შედეგი მოჰყვება ამ პროცესს) (ფიზ.პრ.2); 2. როგორ არის დამოკიდებული სხეულთა და ელექტროების ხარისხი ა) იმ ნივთიერებებზე (მასალაზე), რომლისგანაც მოხაზუნე სხეულებია დამზადებული; ბ) გარემო ფაქტორებზე. (მატერია, 1;2)
---	---

	აქტივობა 5. მოსწავლეები ნებისმიერად შეარჩევენ მოხახუნე სხეულთა წყვილებს (მაგ., პლასტმასა და პოლიეთილენი, მინა და ქაღალდი, ხე და შალის ქსოვილი, ლითონი და კაპრონი და ა. შ.). ა) ვერსიორიუმის დახმარებით განსაზღვრავენ, რომელი სხეულები ელექტროვდება ხახუნისას და რომელი არა; ბ) წარმოადგენენ იმ სხეულთა წყვილების ჩამონათვალს, რომლებიც ხახუნის შედეგად ელექტროვდება. მოსწავლეები ატარებენ ცდებს. ცდა 1. დააკვირდი, როგორაა დამოკიდებული მანძილზე ვერსიორიუმის შემობრუნების კუთხე: მიუახლოვე ვერსიორიუმს დაელექტროებული სხეული და ცვალე მანძილი, სხეულსა და ვერსიორიუმს შორის; ცდა 2. დააკვირდი, როგორაა დამოკიდებული ვერსიორიუმის შემობრუნების კუთხე დაელექტროების ხარისხზე (იმ მასალებზე (ნივთიერებებზე), რითაც დამზადებულია მოხახუნე სხეულები): მიუახლოვე ვერსიორიუმს ერთსა და იმავე მანძილზე სხვადასხვა მასალისგან (ნივთიერებისგან) დამზადებული სხეულები მას, შემდეგ რაც მათ ერთმანეთზე ხახუნით დააელექტროვებ. გამოიტანე დასკვნა: არის თუ არა დამოკიდებული ვერსიორიუმის შემობრუნების კუთხე (ელექტრული ძალის მოქმედების შედეგი) ა) მანძილზე, რა მანძილითაც დაელექტროებული სხეული ვერსიორიუმს უახლოვდება (როცა მოხახუნე სხეულთა წყვილს არ ცვლი); ბ) იმ მასალებზე (ნივთიერებებზე), რომლისგანაც მოხახუნე სხეულები დამზადებული (მანძილი ვერსიორიუმსა და დაელექტროებულ სხეულებს შორის უცვლელია). აღწერე ანალიზურად, როგორია ეს დამოკიდებულება. აქტივობა 6. მოსწავლეები საკლასო ექსპერიმენტით ეცნობიან ელექტროსკოპს. ელექტრონული რესურსი: ელექტროსკოპი- http://bitly.ws/pCQ9 რესურსები სახელმძღვანელოდან: ცდა 1 (გვ. 23) მოსწავლეები ატარებენ ცდას, აღწერენ ცდის შედეგს, აანალიზებენ და ადარებენ ვერსიორიუმის მოქმედებას ცდაში გამოყენებული ხელსაწყო მოქმედებას. თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 1.3 ელექტროსკოპი.	3. რა მიზეზით აიხსნება დაელექტროების ხარისხის დამოკიდებულება სხვადასხვა მასალაზე და გარემო ფაქტორებზე და-მოკიდებულება (მატერია, 1;2) 4. ანალიზური აღწერა: როგორ არის დამოკიდებული ვერსიორიუმის შემობრუნების კუთხე (ელექტრული ძალის მოქმედების შედეგი): ა) მანძილზე, რა მანძილითაც დაელექტროებული სხეული ვერსიორიუმს უახლოვდება (როცა მოხახუნე სხეულთა წყვილს არ ცვლი); ბ) იმ მასალებზე (ნივთიერებებზე), რომლისგანაც მოხახუნე სხეულები დამზადებული (მანძილი ვერსიორიუმსა და დაელექტროებულ სხეულებს შორის უცვლელია) (ფიზ.პრ. 1;3. მატერია,3)
--	---	--



	სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები. ქვეცნება – ელექტრული მუხტი, პროტონი, ელექტრონი, ელექტრული ველი, ელექტრული ძალა, ელექტროსტატიკური ინდუქცია.	• რამდენი ტიპის ურთიერთქმედება არსებობს ბუნებაში? • რისგან შედგება ატომი? • როგორი მუხტი აქვს ელექტრონს? პროტონს? • როგორ ურთიერთქმედებენ ერთმანეთს მუხტები? სხვადასხვანაირი? • რატომ არის ატომი ჩვეულებრივ პირობებში ელექტრულად ნეიტრალური? • როგორ წარმოიქმნება დადებითი/უარყოფითი იონი? • როგორ ხდება სხეულის დაელექტროება ხახუნით? • რატომ დაელექტროვდება ორივე მოხახუნე სხეული? • რა არის ელექტრული ძალა? • როგორ იქმნება სივრცეში ელექტრული ველი? • სად უფრო ძლიერია ელექტრული ველი, მუხტთან ახლოს თუ მუხტისგან მოშორებით? • რა არის ელექტრომაგნიტური ინდუქცია? • იცვლება თუ არა მოხახუნე სხეულების ჯამური მუხტი? რა არის მუხტის შენახვის კანონის არსი? • რა მოუვა თმას, თუ მას დამუხტულ სავარცხელს მივუახლოვებით?	5. ტრიბოელექტრული მწკრივი და მასში მასალათა განლაგების ექსპერიმენტული და დასაბუთებული კანონზომიერება ფიზ. პრ. 1;2).
--	--	---	---

		• რა არის ელექტროსკოპი და როგორია მისი მოქმედების პრინციპი? • რა მოხდება, თუ ნეიტრალურ ელექტროსკოპს დადებითად/უარყოფითად დამუხტულ სხეულს შევახებთ? • არის თუ არა შენ მიერ დამზადებული „ვერსორიუმი“ ელექტროსკოპი? რატომ? • რა მოხდება, თუ „ვერსორიუმს“ დადებითად/უარყოფითად დამუხტულ სხეულს მივუახლოვებთ? • როგორ შეიძლება განვსაზღვროთ „ვერსორიუმის“ დახმარებით, რომელი სხეული დამუხტა ხახუნის შედეგად და რომელი არა? • როგორ ნივთიერებებს/სხეულებს ვუწოდებთ გამტარებს? • როგორ ნივთიერებებს/სხეულებს ვუწოდებთ დიელექტრიკებს? • როგორ შეგიძლია განმუხტო დამუხტული სხეული?
--	--	--

ნახიჯი 2.

3. რა არის ტრიბოელექტრული მწკრივი და რა პრაქტიკული გამოყენება აქვს მას ;
4. როგორ განლაგე მასალები შენ მიერ შექმნილ ტრიბოელექტრონულ მწკრივში (წარმოადგინე მასალათა განლაგების ექსპერიმენტულად დასაბუთებული კანონზომიერება);

აქტივობა 1. მოსწავლეები მოიძიებენ ინფორმაციას ტრიბოელექტრული მწკრივის შესახებ.

ელექტრონული რესურსი:

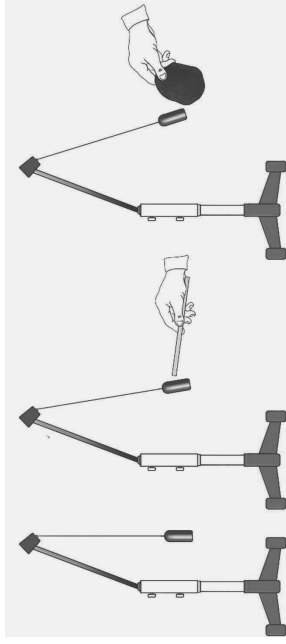
ტრიბოელექტრული მწკრივი: <http://bitly.ws/pCVH>

აქტივობა 2. პრაქტიკული სამუშაო – ტრიბოელექტრულ მწკრივის გამოყენებით.

მოსწავლეები ეცნობიან ტრიბოელექტრულ მწკრივში მასალათა განლაგების პრინციპს.

აქტივობა 3. ექსპერიმენტი დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედებაზე

ექსპერიმენტის მიზანი: დამუხტული სხეულის მუხტის ნიშნის დადგენა.



მასრების დამზადების ინსტრუქცია მოცემულია სახელმძღვანელოში (გვ. 20). მოსწავლეები მიჰყვებიან ცდის ინსტრუქციას, აანალიზებენ ექსპერიმენტის შედეგებს და გამოაქვთ დასკვნები.

ექსპერიმენტის მსვლელობა:

დამუხტეთ მასრა უარყოფითად და მიუახლოეთ დამუხტული სხეული, რომლის მუხტის დადგენაც გასურთ.

გამოიტანეთ დასკვნა – რა ნიშნითაა დამუხტული სხეული?

ა) დააელექტროეთ შალზე, აბრეშუმზე, გაზეთზე, თმაზე, რეზინზე ხახუნის საშუალებით სხვადასხვა სხეული: კალამი, სავარცხელი, კბილის ჯაგრისი, მინის პატარა ჭიქა, რეზინის მილი და სხვ.

ბ) შეარჩიეთ ნებისმიერად მოხახუნე სხეულთა წყვილები. დაგვემეთ და ჩაატარეთ ცდა, რომლითაც განსაზღვრავთ, რა ნიშნის მუხტი წარმოიქმნება მოხახუნე სხეულებზე.

ცდის შედეგები შეიტანეთ ცხრილში (იხ. სახ. გვ. 80).

ელექტრონული რესურსი -

<http://bitly.ws/pCVF>

მითითება: მოსწავლე. იცის, რომ მინა დადებითად იმუხტება, თუ მას აბრეშუმის ქსოვილზე ახახუნებ, ხოლო ებონიტი (ქარვა, პლასტმასა) უარყოფითად დაიმუხტება შალის ქსოვილზე (ან თმაზე, ბეწვზე) გახახუნებით.

აქტივობა 4. მოსწავლე ჩატარებული ცდების შედეგების მიხედვით თავად ქმნის მასალათა ტრიბოელექტრულ მწკრივს.

რესურსი სახელმძღვანელოდან: პროექტი №4. „ვერსორიუმი“ – ელექტროსკოპის შორეული წინაპარი.

სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები. ქვეცნება – ელექტრული მუხტი, პროტონი, ელექტრონი, ელექტრული ველი, ელექტრული ძალა, ელექტროსტატიკური ინდუქცია.	• რა მოხდება, თუ ალუმინის მასრას დამუხტულ სხეულს მიუახლოვებ? • როგორ დაგეგმვარება ალუმინის მასრა სხვა სხეულის მუხტის ნიშნის დადგენაში? • რა ნიშნით დამუხტება, მინა თუ მას აბრეშუმის სხეულზე ახახუნებ? შეიცვლება თუ არა მინისა და აბრეშუმის ჯამური მუხტი? რატომ? • როგორ დამუხტება ებონიტის (ქარვის, პლასტმასის) ჯოხი შალზე (თმაზე ან ბენჯზე) ხახუნის შედეგად? • გამოიყენე ტრიბოელექტული მწკრივი და განსაზღვრე, რა ნიშნით დამუხტება ფოლადი შალზე ხახუნისას? • როგორ განლაგდება ებონიტი, მინა, აბრეშუმი და შალი ტრიბოელექტრულ მწკრივში? • როგორ არის განლაგებული მასალები ტრიბოელექტრულ მწკრივში? • შესაძლოა თუ არა, ტრიბოელექტრული მწკრივის შედგენისას სხვადასხვა მეცნიერმა სხვადასხვა შედეგი მიიღოს? რატომ? • რა პრაქტიკული გამოყენება შეიძლება ჰქონდეს თქვენ მიერ შედგენილ ტრიბოელექტრონულ მწკრივს?
--	--

	კომპლექსური დავალების პრეზენტაციის პროცესში მასწავლებლის მიერ დასმული შეკითხვები: • აღწერე, როგორ წარიმართა დავალებაზე მუშაობის პროცესი; • აღწერე, რა პროდუქტი შექმენი; • რა საკითხს შეეხება შენ მიერ მომზადებული დავალება? • ახსენი, რატომ შექმენი მოდელი ასეთი სახით? • შენი აზრით, ვინ უნდა დაინტერესდეს შენ 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?	
--	--	--

ცნება: მატერია, ფიზიკური პროცესი	
აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს სიღრმისეულად აქვს გააზრებული საკითხის არსი/არსობრივი მახასიათებლები, რაც მას ამ ცოდნის განზოგადებისა და მისი დეკონტექსტუალიზების/სხვა მსგავს მაგალითებთან შედარების საშუალებას აძლევს. უკავშირებს განსახილველ საკითხს საკუთარ პირად გამოცდილებას.	მოსწავლე საუბრობს ელექტრული მუხტის თვისებებზე; შეუძლია მსჯელობა სხეულთა დაელექტროების მექანიზმზე, დამუხტულ სხეულთა ურთიერთქმედებაზე; მსჯელობს ხახუნის შედეგად სხეულთა დამუხტვაზე და გავლენით დამუხტვაზე; ატარებს ექსპერიმენტს, აანალიზებს ექსპერიმენტის შედეგებს და გამოაქვს დასკვნები; შეუძლია ჩაატაროს კვლევა ელექტროსკოპის გამოყენებით და იმსჯელოს კვლევის შედეგებზე; ამზადებს „ვერსორიუმს“, შეუძლია, ახსნას მისი მოქმედების პრინციპი; ვერსორიუმის გამოყენებით აღმოაჩენს, სხეულთა რომელი წყვილი იმუხტება ხახუნის შედეგად და რომელი არა; საუბრობს ტრიბოლექტრულ მწკრივზე და მის პრაქტიკულ გამოყენებაზე; შეუძლია „ვერსორიუმის“ გამოყენებით ჩაატაროს კვლევა და შექმნას ტრიბოლექტრული მწკრივი. ამჟღავნებს სიღრმისეულ ცოდნას და ახდენს ცოდნის ტრანსფერს. განზოგადებს მიღებულ ცოდნას და ახდენს მიღებული ცოდნის გამოყენებას (ამზადებს სხვა მოდელებს/ატარებს ექსპერიმენტებს)
მიმართებითი დონე მოსწავლეს ესმის განსახილველი საკითხის არსი; ხედავს ურთიერთმიმართებებს საკითხთან დაკავშირებულ არსებით სტრუქტურულ ერთეულებს შორის.	მოსწავლე საუბრობს ელექტრული მუხტის თვისებებზე; შეუძლია მსჯელობა სხეულთა დაელექტროების მექანიზმზე, დამუხტულ სხეულთა ურთიერთქმედებაზე; მსჯელობს ხახუნის შედეგად სხეულთა დამუხტვასა და გავლენით დამუხტვაზე; ატარებს ექსპერიმენტს, აანალიზებს ექსპერიმენტის შედეგებს და გამოაქვს დასკვნები; შეუძლია ჩაატაროს კვლევა ელექტროსკოპის გამოყენებით და იმსჯელოს კვლევის შედეგებზე; ამზადებს „ვერსორიუმს“, შეუძლია, ახსნას მისი მოქმედების პრინციპი; ვერსორიუმის გამოყენებით აღმოაჩენს, სხეულთა რომელი წყვილი იმუხტება ხახუნის შედეგად და რომელი არა; საუბრობს ტრიბოლექტრულ მწკრივსა და მის პრაქტიკულ გამოყენებაზე; შეუძლია „ვერსორიუმის“ გამოყენებით ჩაატაროს კვლევა და შექმნას ტრიბოლექტრული მწკრივი.

მულტიტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთ-მანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან მიმართებით.	მოსწავლემ იცის: რომ ბუნებაში არსებობს ორი სახის მუხტი; მუხტის ერთეული; ატომის აგებულება; რა არის იონი; რა შემთხვევაში იმუხტება სხეული დადებითად/უარყოფითად; როგორ ურთიერთქმედებენ დამუხტული სხეულები; რა არის ელექტროსკოპი და რისთვის გამოიყენება ეს ხელსაწყო; სხეულების დამუხტვა შესაძლებელია ხახუნით, შეხებით, გავლენით; შეუძლია ჩაატაროს მარტივი ექსპერიმენტები სხეულთა დაელექტროებაზე, თუმცა უჭირს ახსნა ან არ იცის, როგორია დაელექტროების მექანიზმი; ვერ ხსნის, როგორ იმუხტება სხეული გავლენით; ამზადებს „ვერსორიუმს“, თუმცა ვერ ხსნის მისი მოქმედების პრინციპს; ვერ ატარებს კვლევას ელექტროსკოპის/ვერსორიუმის გამოყენებით ან ჩატარებული კვლევა და დასკვნები შეიცავს უზუსტობებს. რა არის ტრიბოლექტრული მწკრივი (განმარტება), თუმცა არ შეუძლია/ უჭირს მისი გამოყენება.
უნიტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან მიმართებით.	მოსწავლე იცის ჩამოთვლილთაგან ერთ-ერთი: დამუხტულმა სხეულებმა შეიძლება ერთმანეთი მიიზიდოს ან განიზიდოს; ხახუნის შედეგად შესაძლებელია სხეულის დამუხტვა; არსებობს ორი სახის მუხტი – დადებითი და უარყოფითი; მუხტის ერთეული; ამზადებს „ვერსორიუმს“, თუმცა ვერ ხსნის მის დანიშნულებას და მოქმედების პრინციპს.
პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან მიმართებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.	მოსწავლეს არ აქვს შესაბამისი ცოდნა იმ საკითხებთან მიმართებით, რომლებიც კომპლექსური დავალების შესრულებას უკავშირდება.

განმსაზღვრელი შეფასება

მოდელის დაამზადება 0 - 2 ქულა	ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნა 0 - 4 ქულა		კომპლექსური დავალების შეფასების კრიტერიუმები 0 - 4 ქულა
მოსწავლემ ვერ/ არ დაამზადა „ვერსორიუმი“. 0 ქულა	ფაქტობრივი ცოდნა მოსწავლემ იცის: - როგორ ხდება სხეულთა დაელექტროება (ხახუნით, გავლენით დამუხტვა); - ელექტრული მუხტის თვისებები; - მუხტის შენახვის კანონი; - როგორ ურთიერთქმედებს დამუხტული სხეულები; - რა არის ელექტრული ველი; - ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენა.	პროცედურული ცოდნა - მოსწავლე ატარებს ექსპერიმენტს, კვლევას, წარმოადგენს მონაცემებს, შეუძლია მონაცემების დამუხტვა და დასკვნების ჩამოყალიბება. - ვერსორიუმის გამოყენებით აღმოაჩენს, სხეულთა რომელი წყვილები იმუხტება ხახუნის შედეგად და რომელი არა. - შეუძლია ვერსორიუმის გამოყენებით ჩაატაროს კვლევა და შექმნას ტრიბოლექტრონული მწკრივი.	ვერ აკმაყოფილებს შეფასების კრიტერიუმებს. 0 ქულა
მოსწავლემ დაამზადა „ვერსორიუმი“, მაგრამ ვერ ხსნის მისი მოქმედების პრინციპს. 1 ქულა			მოსწავლემ ნაწილობრივ გაართვა თავი შეფასების კრიტერიუმებს და ვერ შეძლო ცოდნის განზოგადება. 1 ქულა
მოსწავლემ დაამზადა „ვერსორიუმი“ და შეუძლია, ახსნას მისი მოქმედების პრინციპი. 2 ქულა	0-2 ქულა	0-2 ქულა	მოსწავლემ გაართვა თავი შეფასების კრიტერიუმებს, მაგრამ ვერ შეძლო ცოდნის განზოგადება. 2 - 3 ქულა
			მოსწავლემ სრულად გაართვა თავი შეფასების კრიტერიუმებს და შეძლო ცოდნის განზოგადება. 4 ქულა

2) სხეულთა სისტემის ენერგიის ცვლილებას განსაზღვრავს მის მიერ (მასზე გარე ძალების (მიერ) მუშაობის შესრულება ან/და თბოგადაცემა, ხოლო სხეულთა სისტემის მიერ შესრულებული მუშაობის (ენერგიის ცვლილების) სისწრაფეს - მის მიერ განვითარებული სიმძლავრე. 3) სხეულთა სისტემის ენერგიებისა და მათი ცვლილების დამოკიდებულება ენერგიების ცვლილების გამოწვევ მიზეზებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით.	სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები ქვეცნება - მოდელი, კვლევითი ნაშრომი.	- რა არის მოდელი? - რა ტიპის მოდელებს იცნობთ? - დაგომზადებიათ ხელსაწყოთა მოდელი? - რატომ იყენებენ მეცნიერები მოდელებს? - რა ნაბიჯების გადადგმა მოგიწევთ ლეიდენის ქილის დასამზადებლად?	1745 წელი. ვერსალის ბრწყინვალე სასახლის დარბაზი. საუბრობენ მუნიციპალიტეტის გამგეობის წევრები. ერთ-ერთი მათგანი, რომელიც ხელისუფლების წარმომადგენელია, ბრძანებს ელოდეთ... ბრძანებას აბატი ჟან ნოლუ იძლევა. მას ხელში უცნაური ქილა უჭირავს. ეს "ლეიდენის ქილაა", პირველი კონდენსატორი, რომლითაც ელექტროლი მუხტის დაგროვება შესაძლებელია ლეიდენის ქილას ოტო გერიკის მიერ შექმნილი "ელექტროლი მანქანით" მუხტავდნენ და ამ გზით ქილაში საკმაოდ დიდი რაოდენობის მუხტს აგროვებდნენ.
---	--	---	--

ფიზიკური პროცესი (ფიზ.საშ. 1,2,3,4) მოსწავლემ უნდა გააცნოს ნობიეროს, რომ: 1) ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობის ალსანერად, მეცნიერები ამ მოვლენების შესაბამის ფიზიკურ პროცესებს იკვლევენ. თითოეული პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომელთა ურთიერთდაკავშირებითაც შესაძლებელია ამ პროცესის აღწერა. 2) ყველა ფიზიკურ მოვლენას და მის დამახასიათებელ პროცესს განაპირობებს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი. მათ შორის კავშირების დადგენა კი მეცნიერების მთავარი ამოცანაა.	II ეტაპი: კომპლექსური დავალების შინაარსი რესურსი/აქტივობა: ნაბიჯი 1. 1. წარმოადგინე შენ მიერ დამზადებული მოდელი და ახსენი, როგორ ხდება „ლეიდენის ქილაში“ მუხტის დაგროვება. აქტივობა 1. წინარე ცოდნის გააქტიურება. საკითხები: • ელექტრული მუხტი. ელექტრული მუხტის თვისებები; • ელექტრული ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები (დაძაბულობა, პოტენციალი, ძაბვა); • გამტარები და დიელექტრიკები; აქტივობა 2. მასწავლებელი ვირტუალური ლაბორატორიის დახმარებით და საკლასო ექსპერიმენტით მოსწავლეებს აცნობს ელექტროტივადობას. ელექტრონული რესურსი: http://bitly.ws/pF5a რესურსი სახელმძღვანელოდან: ცდა I. (სახ. გვ. 119) საკვლევი კითხვა: რა პირობებში გროვდება გამტარ სხეულზე ელექტრული მუხტი?
--	--

აქტივობა 3. სახელმძღვანელოს და ელექტრონული რესურსის გამოყენებით მოსწავლეები ამზადებენ „ლეიდიწის ჩილას“;

ლუიჯუნის ქალაქი:

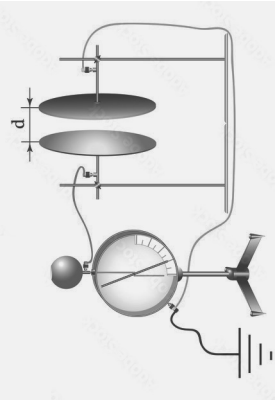
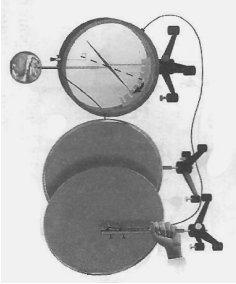
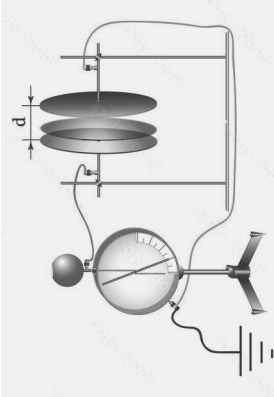
<http://bitly.ws/p6Rn> <http://bitly.ws/pgCh> <http://bitly.ws/pgCk>

დავულება 1. „ლეიდეინის ქილის“ დამზადება. (სახ. გვ. 116):



ეს იყო გართობის მიზნით ჩატარებული ექსპერიმენტი, რომლის შედეგი ელექტრობის კვლევაში გარდამტეხი გახდა: მეცნიერებს შესაძლებლობა გაუჩნდათ, დაეგრავინათ ელექტრული მუხტი. ლეიდენის საოცარი ქილის ამბავმა მთელი ევროპა შექრა: იმდენად დიდი იყო „ელექტრული ცდებით“ გამოწვეული შთაბეჭდილება, რომ ადამიანები (ისეთებიც კი, რომლებიც საკმაოდ შორს იდგნენ მეცნიერებისგან) ცდილობდნენ, თავიანთ თავზე გამოეცადათ უცხო შეგრძნება ან ენახათ, რა ზეგავლენას ახდენდა ელექტრობა სხეულებზე.

	აქტივობა 4. მოსწავლეები ასრულებენ პრაქტიკულ დავალებებს; დავალება II. ექსპერიმენტის მიზანი: „ლეიდენის ქილის“ დამზადება. (სახ. გვ. 117) დავალება III. ექსპერიმენტის მიზანი: „ლეიდენის ქილის“ განმუხტვა. (სახ. გვ. 117) აქტივობა 5. ელექტრონული რესურსებით და საკლასო ექსპერიმენტებით მოსწავლეები ეცნობიან კონდენსატორს და კონდენსატორის ელექტროტექნიკაობას, იკვლევენ, რაზეა დამოკიდებული კონდენსატორის ელექტროტექნიკაობა. ელექტრონული რესურსი: კონდენსატორი: http://bitly.ws/pGM3 ვირტუალური ლაბორატორიის ბმული: http://bitly.ws/pF5F http://bitly.ws/pGLR   
	შენი დავალებაა დაამზადო ლეიდენის ქილა და შენ მიერ დამზადებული მოდე-ლის საშუალებით ახს-ნა, რა არის კონდენსა-ტორი, რა პრაქტიკული გამოყენება აქვს მას და რა როლი ითამაშა კონდენსატორის გამო-გონებამ კაცობრიობის ისტორიაში.

საკლასო ექსპერიმენტები (სახ. გვ. 122) : ცდა II. საკვლევი კითხვა: დამოკიდებულია თუ არა კონდენსატორის ტევადობა შემონაფენებს შორის მანძილზე?  ცდა III. საკვლევი კითხვა: დამოკიდებულია თუ არა კონდენსატორის ტევადობა შემონაფენების ურთიერთგაფარვის ფართობზე?  ცდა IV საკვლევი კითხვა: როგორ იცვლება კონდენსატორის ტევადობა, თუ კონდენსატორის ფირფიტებს შორის მოვათავსებთ დიელექტრიკს?  თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 2.9 კონდენსატორი (3. კონდენსატორი. 4. კონდენსატორის ელექტროტევადობა. 5. რაზე დამოკიდებულია კონდენსატორის ელექტროტევადობა?) აქტივობა 6. პრაქტიკული სამუშაო (თავის დავამატებითი სავარჯიშოები და ამოცანები, გვ. 140 – 142).	კომპლექსური დავა-ლების პრეზენტაციისას წარმოაჩინე: 1. ლეიდენის ქილის შექმნის ეტაპების დაწვრილებითი აღწერილობა; 2. მიზეზ – შედეგობრივი კავშირი ყველა იმ ფიზიკურ მოვლენასა და მის თანმდევ პროცესს შორის (რა მიზეზითაა გამოწვეული, რა შედეგი მოჰყვება), რომლებსაც „ქილის“ მოქმედება ეფუძნება; (ფიზ.პრ.3); 3. რომელი ფიზიკური სიდიდებით ხასიათდება ლეიდენის ქილაში მიმდინარე პროცესი და რა კავშირია მათ შორის; (ენერგია, 3; ფიზ.პრ.3); მაგ., რაზეა დამოკიდებული ქილის
---	--

	სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები ქვეცნება - მუხტი, ელექტრული ველი, ელექტრული ველის პოტენციალი, ძაბვა, დაძაბულობა, გამტარი, დიელექტრიკი, დიელექტრიკული შეღწევადობა, ელექტროტევადობა.	- როგორ ნივთიერებებს უწოდებენ დიელექტრიკებს? - რა გამოყენება აქვთ დიელექტრიკებს? - რა არის დიელექტრიკული შეღწევადობა? - რას ეწოდება ელექტრული ველის პოტენციალი? ველის როგორი მახასიათებელია ის? - როგორ გამოისახება ფორმულით ერთგვაროვანი ელექტრული ველის მოცემულ წერტილში პოტენციალი და რაზეა იგი დამოკიდებული? - რა არის პოტენციალის ერთეული SI სისტემაში? - რა არის ძაბვა? - რა არის კონდენსატორი? - რა ტიპის კონდენსატორებს იცნობთ? - რომელი ფიზიკური სიდიდით ახასიათებენ კონდენსატორის მიერ მუხტის დაგროვების უნარს? - როგორ გამოითვლება ელექტროტევადობა? - რა არის ელექტროტევადობის ერთეული? - რომელ ფიზიკურ სიდედებზეა დამოკიდებული პრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობა? - როგორ შეიცვლება კონდენსატორის ელექტროტევადობა, თუ კონდენსატორის შემონაფენებს შორის მანძილი 2-ჯერ გაიზრდება? - როგორ შეიძლება გავზარდოთ კონდენსატორის ელექტროტევადობა?	ა) ქილის ელექტროტევადობა? ბ) ქილის მიერ დაგროვილი მუხტი? გ) ქილის მიერ დაგროვებული ელექტრული ენერგიის რიცხვითი მნიშვნელობა? როგორია თითოეულ შემთხვევაში დამოკიდებულების ხასიათი (აღწერე დიაგრამებით); 4. რა კაპაშირია კონდენსატორის ენერგიასა და მისი განმუხტვისას ელექტრული ველის მიერ შესრულებულ მუშაობას შორის; (ენერგია, 3; ფიზ. პრ. 3); 5. რა გამოყენება აქვს თანამედროვე ტექნოლოგიებში ლედის ქილას; 6. უსაფრთხოების რა ზომები უნდა დავიცვა ლეიდენის ქილის (კონდენსატორის) გამოყენებისას;
--	--	---	---

		• როგორ შეიცვლება კონდენსატორის ელექტროტევადობა, თუ კონდენსატორის შემონაფენებს შორის ძაბვა შემცირდება? • როგორაა დამოკიდებული კონდენსატორის ელექტროტევადობა კონდენსატორის შემონაფენებს შორის მანძილზე? • როგორ არის დამოკიდებული კონდენსატორის ელექტროტევადობა შემონაფენების გადაფარვის ფართობზე? • როგორ შეიცვლება კონდენსატორის ელექტროტევადობა თუ კონდენსატორის შემონაფენებს შორის დიელექტრიკის შევითანთ? • როგორ დაამზადებ კონდენსატორს? • როგორ დავამუხტოთ კონდენსატორი?	
	ნაპიჯი 2. მოსწავლეები ატარებენ კვლევას: რომელი ფიზიკური სიდიდებით ხასიათდება ლეიდენის ქილაში მიმდინარე პროცესი და რა კავშირია მათ შორის; (ენერგია, Q; ფიზ.პრ.3): მაგ., რაზეა დამოკიდებული ქილის ა) ქილის მიერ დაგროვილი მუხტი? ბ) ქილის მიერ დაგროვებული ელექტრული ენერგიის რიცხვითი მნიშვნელობა? როგორია თითოეულ შემთხვევაში დამოკიდებულების ხასიათი (აღწერე დიაგრამებით); აქტივობა 1. ვირტუალური ლაბორატორიის და საკლასო ექსპერიმენტების საშუალებით მოსწავლეები ეცნობიან დამუხტული კონდენსატორის ენერგიას. ვირტუალური ლაბორატორიის ბმული: http://bitly.ws/pGM3 საკლასო ექსპერიმენტები (სახ. გვ. 123).		

	ცდა V. საკვლევი კითხვა: აქვს თუ არა დამუხტულ კონდენსატორს ენერგია? თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 2.9 კონდენსატორი (6. დამუხტული კონდენსატორის ენერგია). აქტივობა 2. ამოცანები ფიზიკაში. მოსწავლეები ეცნობიან • ბრტყელი კონდენსატორის ელექტროტევადობის გამოსათვლელ ფორმულას; • გამტარი სფეროს ელექტროტევადობის გამოსათვლელ ფორმულას; • როგორ გამოითვლება ბატარეის ელექტროტევადობა, კონდენსატორთა: ა) პარალელურად შეერთების დროს; ბ) მიმდევრობით შეერთების დროს. • კონდენსატორთა მიმდევრობით და პარალელურად შეერთების დროს „მუხტის, ძაბვის განაწილების კანონზომიერებებს. თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 2.10 კონდენსატორის ელექტროტევადობა. თავის დამატებითი ამოცანები და დავალებები (სახ.გვ. 140 –142). აქტივობა 3. მოსწავლეები ითვლიან მათ მიერ დამზადებული ლეიდენის ქილის • ელექტროტევადობას (სახ. დავალება 2. გვ. 117). • ელექტრულ მუხტს, რომლის დაგროვებაც შეუძლია მათი მიერ დამზადებულ ქილას. • ელექტროენერგიის მარაგს, რომლის დაგროვებაც შეუძლია მათ მიერ დამზადებულ ლეიდენის ქილას. (სახ. დავალება 3. გვ. 117). • ელექტროტევადობას, როცა ლეიდენის ორი ქილა შეერთებულია ა) მიმდევრობით; ბ) პარალელურად (სახ. დავალება 4. გვ.118).
--	--

	დავლება 1. გამოთვალე ლეიდენის ქილის ელექტროტევადობა. 1. გამოთვალე ქილის შემონაფენის ფართობი (S), (ქილის დამზადებისას გაითვალისწინე, რომ შემონაფენი მართკუთხედის ფორმის ზოლი იყოს და სანამ შემოაფენ, გამოთვალე მისი ფართობი. შემოკერისას შემონაფენი (მაგ., ფოლგის ზოლი) ფრთხილად შემოაკარი ქილას, ისე, რომ რაც შეიძლება ნაკლები ნაკეცი იქნას გაიკეთოს. 2. ქილის კედლის სისქე (d), ანუ შემონაფენებს შორის მანძილი შტანგენფარგლის დახმარებით შეგიძლია გაზომო; 3. იმ მასალის დიელექტრიკული შელწევადობის (ε) ნახვა, რომლისგანაც ქილაა დამზადებული (მაგ., მინის), შესაბამის ცხრილში შეგიძლია მოიხსო (იხ.დანართი სახელმძღვანელოს ბოლოს). 4. შენიშვნა: შენ მიერ დამზადებული კონდენსატორი გარკვეული მიხლოებით ცილინდრულია. თუმცა მისი ტევადობის გამოსათვლელად შეგიძლია ბრტყელი კონდენსატორის ტევადობის გამოსათვლელი ფორმულა გამოიყენო (გამოთვლის შედეგი შეგიძლია გადაამოწმო მულტიმეტრით, რომელსაც ელექტროტევადობის საზომი ფუნქცია აქვს); 5. გამოთვალე შენ მიერ დამზადებული ლეიდენის ქილის ელექტროტევადობა. 6. ჩატარე კვლევა: როგორა დამოკიდებული შენ მიერ დამზადებული ქილის ელექტროტევადობა, მაგ., ა) შემონაფენის ფართობზე (S): ცვალე შემონაფენების სიმაღლე და ყოველ ჯერზე გამოთვალე ელექტროტევადობა (d და ε უცვლელი რჩება); ბ) შემონაფენებს შორის მანძილზე (d): განსხვავებული სისქის ქილები დაგჭირდება, ოღონდ მასალა (მინა) იგივე უნდა დარჩეს (ε = const). არ უნდა შეიცვალოს არც შემონაფენის ფართობი. ყოველ ჯერზე გამოთვალე ელექტროტევადობა (S და ε უცვლელი რჩება); გ) დიელექტრიკულ შელწევადობაზე (ε): დაგჭირდება განსხვავებული მასალის (მაგ., მინის, პლასტმასის) ქილები. შემონაფენების ფართობი და მანძილი მათ შორის (ცოტა რთული შესარჩევი კი იქნება ერთნაირი სისქის ქილები!) უცვლელი დატოვე. ყოველ ჯერზე გამოთვალე ელექტროტევადობა (S და d უცვლელი რჩება); ელექტროტევადობის დამოკიდებულება თითოეულ ფიზიკურ სიდიდეზე (S, d და ε-ზე) გამოსახე დიაგრამებით.
--	--

	დავალეზა 2. გამოთვალე შენ მიერ დამზადებული ლეიფენის ქილის მუხტი. 1. დაგჭირდება ძაბვის იმ მნიშვნელობის ცოდნა, რომელიც ქილის შემონაფენებს (ანუ შიდა და გარე სადენებს შორისაა). გაითვალისწინე: ჰაერში მოთავსებულ, 1 სმ-ით დაშორებულ ორ გამტარს შორის უნდა არსებობდეს დაახლოებით 30 000 ვ ძაბვა, რომ ჰაერის „გარღვევა“ მოხდეს: გაჩნდეს გამტარებს შორის ნაპერწკალი (სახ.გვ.119). ამასთან გახსოვდეს: ბურთულებს შორის ჰაერის გაზღვევისას ნაპერწკალი გახტება. თუ ოთახში, სადაც ექსპერიმენტს ატარებ, ჰაერი მშრალია (ტენიანობა არ უნდა აღემატებოდეს 50%-ს), განსაზღვრე შენ მიერ მიღებული ნაპერწკლის სიგრძე(შეაფასე თვალთ) და პროპორციულად გამოთვალე ძაბვა, რომელიც ქილის განმუხტვისას მის შემონაფენებს შორის არსებობს. 2. გამოყენე შენ მიერ უკვე გამოთვლილი სხვადასხვა კონდენსატორის ტევადობები და გამოთვალე თითოეულ შემთხვევაში კონდენსატორის მიერ დაგროვილი მუხტი. მუხტის კონდენსატორზე დამოკიდებულება დიაგრამით წარმოადგინე. დავალეზა 3. გამოთვალე ელექტრული ენერგიის ის მარაგი, რომლის დაგროვებაც შენ მიერ დამზადებულ კონდენსატორს შეუძლია; შენიშვნა: სახელმძღვანელოში მოცემულია ბრტყელი კონდენსატორის ენერგიის გამოსათვლელი სამი ფორმულა, რომლებიც სამართლიანია არა მარტო ბრტყელი, არამედ ნებისმიერი კონდენსატორის ენერგიის გამოსათვლელად (§2.9). დავალეზა 4. იხ. სახელმძღვანელო, გვ.118
--	---

	სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები ქვეცნება მუხტი, ელექტრული ველი, ელექტრული ველის პოტენციალი, ძაბვა, დაძაბულობა, გამტარი, დიელექტრიკი, დიელექტრიკული შეღწევადობა, ელექტროტევადობა.	• რა არის ელექტრული ენერგია? • როგორ დავაგროვოთ ელექტროენერგია? • როგორ შეიძლება გაზარდო შენ მიერ დამზადებული კონდენსატორის ელექტროტევადობა? • როგორ გამოთვლი შენ მიერ დამზადებული ლეიდენის ქილის ელექტროტევადობას? • რა სიდიდის ძაბვა უნდა არსებობდეს ჰაერში მოთავსებულ, 1 სმ-ით დაშორებულ ორ გამტარს შორის, რომ ჰაერის „გარღვევა“ მოხდეს: გამტარებს შორის ნაპერწკალი გაჩნდეს? • როგორ გამოთვალე შენ მიერ დამზადებული ქილის მიერ დაგროვილი ელექტრული ენერგია? • რაზეა დამოკიდებული კონდენსატორში დაგროვილი ენერგიის სიდიდე? • როგორ გამოთვლება ის ენერგია, რომლის დაგროვებაც კონდენსატორის საშუალებითაა შესაძლებელი? • როგორ იცვლება ელექტროტევადობა მიმდევრობით და პარალელურად შეერთებული ქილების შემთხვევაში? • შესაძლებელია თუ არა, რომ დამუხტული ქილით, მეორე, დაუმუხტავ ქილას გაავცეთ მუხტი?
--	--	---

	ნაბიჯი 3. 2. რა გამოყენება აქვს კონდენსატორებს თანამედროვე ტექნოლოგიებში და უსაფრთხოების რა ზომები უნდა დაიცვა კონდენსატორების გამოყენებისას (ფიზ. პროცესი მკ.2) აქტივობა 3. მოსწავლეები მოიძიებენ ინფორმაციას კონდენსატორის ტიპებზე და მათ გამოყენებაზე. თეორიული მასალა სახელმძღვანელოდან: 2.9. კონდენსატორი (7. კონდენსატორის ტიპები და მათი გამოყენება). აქტივობა 4. - დისკუსია კითხვები დისკუსიისთვის: • რა პრაქტიკული გამოყენება აქვს კონდენსატორებს? • რა როლი შეასრულა „ლეიდენის ქილის“ გამოგონებამ მეცნიერების განვითარებაში?	
სამიზნე ცოდნის (დეკლარაციული, პირობისეული, პროცედურული) კონსტრუირებაზე ორიენტირებული შეკითხვები ქვეცნება - მუხტი, ელექტრული ველი, ელექტრული ველის პოტენციალი, ძაბვა, დაძაბულობა, გამტარი, დიელექტრიკი, დიელექტრიკული შეღწევადობა, ელექტროტევადობა.	• რა ტიპის კონდენსატორებს იცნობ? • როგორ რეგულირდება ტევადობა ცვლადი ტევადობის კონდენსატორებში? • რა როლი შეასრულა „ლეიდენის ქილის“ გამოგონებამ მეცნიერების განვითარებაში? • სად გამოიყენება კონდენსატორები? • შეიძლება თუ არა კონდენსატორზე მუხტის დიდი ხნით შენახვა? რატომ? • სად იყენებენ კონდენსატორებს? • არის თუ არა აუცილებელი უსაფრთხოების დაცვა კონდენსატორების გამოყენებისას? რატომ?	

	კომპლექსური დავალების პრეზენტაციის პროცესში მასწავლებლის მიერ დასმული შეკითხვები: • აღწერე, როგორ წარმართა დავალებაზე მუშაობის პროცესი; • აღწერე, რა პროდუქტი შექმენი; • რა საკითხს შეეხება შენ მიერ მომზადებული დავალება? • ახსენი, რატომ შეეცანი მოდელო ასეთი სახით? რა ძირითადი მიმართებები გაქვს გამოთვლილი? • შენი აზრით, ვინ უნდა დაინტერესდეს შენ მიერ შექმნილი მოდელო 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 ნაშრომი შენი თანაკლასელების ნაშრომებისგან?
--	--

ცნება: ენერგია, ფიზიკური პროცესი	
აბსტრაქტული დონე მოსწავლეს სიღრმისეულად აქვს გააზრებული საკითხის არსი / არსობრივი მახასიათებლები, რაც მას ამ ცოდნის განზოგადებისა და მისი დეკონტექსტუალიზების/სხვა მსგავს მაგალითებთან შედარების საშუალებას აძლევს. უკავშირებს განსახილველ საკითხს საკუთარ პირად გამოცდილებას.	მოსწავლე ხსნის, რას გვიჩვენებს გარემოს/ნივთიერების დი-ელექტრიკული შეღწევადობა; მსჯელობს პოტენციალსა და პოტენციალთა სხვაობაზე; იყენებს თეორიულ ცოდნას რაოდენობრივი და თვისობრივი ამოცანების ამოხსნისას; ატარებს ექსპერიმენტებს, აანალიზებს მის შედეგებს და გამოაქვს შესაბამისი დასკვნები; იკვლევს, რაზეა დამოკიდებული კონდენსატორის ელექტროტევადობა და ელექტრული ენერგია; ამზადებს „ლეიდენის ქილას“ და ხსნის მისი მოქმედების პრინციპს; ითვლის იმ ელექტრული ენერგიის მარაგს, რომლის დაგროვებაც შეუძლია მის მიერ დამზადებულ კონდენსატორს; მსჯელობს, როგორ იცვლება ელექტროტევადობა კონდენსატორების მიმდევრობით და პარალელურად შეერთების შემთხვევაში; მოიძიებს ინფორმაციას კონდენსატორის ტიპებზე, მათ გამოყენებაზე; შეიმუშავებს უსაფრთხოების ზომებს, რომლებიც უნდა იყოს დაცული კონდენსატორების გამოყენებისას. ამჟღავნებს სიღრმისეულ ცოდნას და ახდენს ცოდნის ტრანსფერს. განაზოგადებს მიღებულ ცოდნას და საუბრობს მიღებული ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენებაზე. იყენებს კომპლექსურ დავალებზე მუშაობისას მიღებულ ცოდნას და გამოცდილებას. იცის, როგორ დაიცვას უსაფრთხოება ისეთი პრობლემების გადასაჭრელად, რომლებიც ეხება ელექტროსტატიკურ ველს.

მიმართებითი დონე მოსწავლეს ესმის განსახილველი საკითხის არსი; ხედავს ურთიერთმიმართებებს საკითხთან დაკავშირებულ არსებით სტრუქტურულ ერთეულებს შორის.	მოსწავლე ხსნის, რას გვიჩვენებს გარემოს/ნივთიერების დი-ელექტრიკული შეღწევადობა; მსჯელობს პოტენციალსა და პოტენციალთა სხვაობაზე; იყენებს თეორიულ ცოდნას რაოდენობრივი და თვისობრივი ამოცანების ამოხსნისას; ატარებს ექსპერიმენტებს, აანალიზებს მის შედეგებს და გამოაქვს შესაბამისი დასკვნები; იკვლევს, რაზეა დამოკიდებული კონდენსატორის ელექტროტევადობა და ელექტრული ენერგია; ამზადებს „ლეიდენის ქილას“ და ხსნის მისი მოქმედების პრინციპს; ითვლის იმ ელექტრული ენერგიის მარაგს, რომლის დაგროვებაც შეუძლია მის მიერ ამზადებულ კონდენსატორს; მსჯელობს, როგორ იცვლება ელექტროტევადობა კონდენსატორების მიმდევრობით და პარალელურად შეერთების შემთხვევაში; მოიძიებს ინფორმაციას კონდენსატორის ტიპებზე, მათ გამოყენებაზე; შეიმუშავებს უსაფრთხოების ზომებს, რომლებიც უნდა იყოს დაცული კონდენსატორების გამოყენებისას.
მულტისტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან მიმართებით.	მოსწავლემ იცის როგორ ნივთიერებებს ვუნოდებთ გამტარებს/დი-ელექტრიკებს; ასახელებს მუხტის გამტარებს/დიელექტრიკებს; გარემო/ნივთიერება ხასიათდება დიელექტრიკული შეღწევადობით, თუმცა ვერ ხსნის მის არსს; რა არის ელექტრული ველის პოტენციალი, პოტენციალთა სხვაობა, იცის მათი გამოსათვლელი ფორმულები; რა არის კონდენსატორი; როგორ განისაზღვრება ელექტროტევადობა; ელექტროტევადობის ერთეული; კონდენსატორის ელექტროტევადობისა და ენერგიის გამოსათვლელი ფორმულები; მოსწავლეს შეუძლია, ამოხსნას მარტივი ამოცანები.

	მოსწავლეს უჭირს ან ვერ ატარებს ექსპერიმენტებს და- მოუკიდებლად; უჭირს/ვერ ამზადებს „ლეიდენის ქილას“ და ვერ ხსნის მისი მოქმედების პრინციპს; ვერ ატარებს კვლევას და ვერ ადგენს ექსპერი- მენტულად, თუ რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა დამოკიდებული კონდენსატორის ტევადობა; ვერ ითვლის „ლეიდენის ქილის“ ელექტროტევა- დობას და ელექტრულ ენერგიას.
უნიტრუქტურული დონე მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტური- რებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან მიმართებით.	მოსწავლე იცის ჩამოთვლილთაგან ერთ-ერთი: რა არის დიელექტრიკი; რა არის კონდენსატორი; განმარტავს ელექტროტევადობას; კონდენსატორის ელექტროტევადობის გამოსათ- ვლელი ფორმულა; ძაბვის/ელექტროტევადობის/დაძაბულობის/მუხ- ტის ერთეული.
პრესტრუქტურული დონე მოსწავლეს საკითხთან მიმართებით არ აქვს რელ- ევანტური ინფორმაცია.	მოსწავლეს არ აქვს შესაბამისი ცოდნა იმ საკითხებთან მიმართებით, რომელიც უკავშირ- დება კომპლექსურ დავალებას.

განმსაზღვრელი შეფასება

მოდელის დაამზადება 0-2 ქულა	ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნა 0-4 ქულა	კომპლექსური დავალების შეფასების კრიტერიუმები 0-4 ქულა
მოსწავლემ ვერ/არ დაამზადა „ლეიდენის ქილა“ 0 ქულა	მოსწავლემ იცის - რა არის კონდენსატორი, კონდენსატორის ტიპები; - რა არის კონდენსატორის ელექტროტექნიკადობა. ელექტროტექნიკების ერთეული; - კონდენსატორის ელექტროტექნიკადობისა და ენერგიის გამოსავლელი ფორმულები. 0-2 ქულა	ვერ აკმაყოფილებს შეფასების კრიტერიუმებს. 0 ქულა
მოსწავლემ დაამზადა „ლეიდენის ქილა“, მაგრამ ვერ ხსნის მისი მოქმედების პრინციპს. 1 ქულა	მოსწავლეს მიმდევრობით/პარალელურად შეერთებულ კონდენსატორთა ბატარეის ელექტროტექნიკადობას. 0-2 ქულა	მოსწავლემ ნაწილობრივ გაართვა თავი შეფასების კრიტერიუმებს და ვერ შეძლო ცოდნის განზოგადება. 1 ქულა
მოსწავლემ დაამზადა „ლეიდენის ქილა“ და შეუძლია, ახსნას მისი მოქმედების პრინციპი 2 ქულა		მოსწავლემ გაართვა თავი შეფასების კრიტერიუმებს, მაგრამ ვერ შეძლო ცოდნის განზოგადება. 2 - 3 ქულა
		მოსწავლემ სრულად გაართვა თავი შეფასების კრიტერიუმებს და მოახდინა ცოდნის განზოგადება. 4 ქულა

VI. სხვადასხვა პროექტების განხორციელების ეტაპები

პროექტი №1 : სტატიკური ელექტრობა – სახიფათო მეგობარი..... 76

პროექტი №2 : ელექტროსტატიკური გენერატორი..... 81

თემა:	ელექტროსტატიკა	
კომპლექსური დავალების სათაური	პროექტი №1: სტატიკური ელექტრობა – სახიფათო მეგობარი	
სირთულის დონე (მარტივი, საშუალო სირთულის, რთული)	დავალების განხორციელების სავარაუდო დრო:	დავალების ფარგლებში შექმნილი პროდუქტი:
მარტივი	7 -10 დღე	პლაკატი: ფრთხილად! სტატიკური ელექტრობა საშიშია! (უსაფრთხოების წესების ჩამონათვალი)
სამიზნე ცნება:	საკითხი/ქვესაკითხები:	ქვეცნებები:
ფიზიკური პროცესი (ფიზ.საშ. 1,2,3,4).	- ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება; - ელექტრული მოვლენები; - ელექტროსკოპი. გამტარები და არაგამტარები.	დაელექტროება
სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:		
მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობის აღსაწერად მეცნიერები ამ მოვლენების შესაბამის ფიზიკურ პროცესებს იკვლევენ. თითოეული პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომელთა ურთიერთდაკავშირებითაც შესაძლებელია ამ პროცესის აღწერა; 2) ყველა ფიზიკურ მოვლენას და მის დამახასიათებელ პროცესს განაპირობებს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი. მათ შორის კავშირების დადგენა კი მეცნიერების მთავარი ამოცანაა. 3) ფიზიკური პროცესების მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებსა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა მეთოდებით.		

კომპლექსური დავალების განხორციელების ეტაპები:

I ეტაპი - პროექტის გაცნობა	
მოსწავლეთა ორგანიზების ფორმა	სწავლა- სწავლების მეთოდები და სტრატეგიები
ჯგუფური	თანამშრომლობითი სწავლება, გონებრივი იერიში (იგულისხმება დავალების ფარგლებში კონკრეტული საკითხის/პრობლემის შესახებ მაქსიმალურად მეტი, განსხვავებული აზრის, იდეის ჩამოყალიბება და გამოთქმა, საკითხის გადაჭრისადმი შემოქმედებითი მიდგომა), დისკუსია/დებატები, ცხრილი: „ვიცი/მინდა, ვიცოდე/ვისწავლე“, ანალიზი, სინთეზი.

ნაბიჯი 1. პროექტის წარდგენა.	მასწავლებელი კლასს პროექტის შინაარსსა და სასწავლო მიზანს გააცნობს. პროექტის წარდგენა ხდება მას შემდეგ, რაც უკვე დამუშავებულია შემდეგი საკითხები: 1.1 ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება. 1.2 ელექტრული მოვლენები. 1.3 ელექტროსკოპი. გამტარები და არაგამტარები. მასწავლებელს შეუძლია მოსწავლეებს შესთავაზოს ვიდეო, რომელშიც საუბარია ელექტროსტატიკური მოვლენების პრაქტიკულ გამოყენებაზე და ასევე ამ მოვლენებისგან გამომდინარე საფრთხეებზე (ვიდეო შეგიძლიათ შემოთავაზებული ჩამონათვალიდან შეარჩიოთ ან სულაც თავად მოიძიოთ შესაბამისი შინაარსის სხვა საინტერესო ვიდეო). https://www.youtube.com/watch?v=2B9Bqz5opA8 https://www.youtube.com/watch?v=Q8AmqJro4k4 https://www.youtube.com/watch?v=ENm-mCbiPaQ https://www.youtube.com/watch?v=FzsTamPPnHc https://www.youtube.com/watch?v=XKAhx4NdJT8 https://www.youtube.com/watch?v=_UOU5_4fnzs https://www.youtube.com/watch?v=NxUbPE8RsiM https://www.youtube.com/watch?v=Sy5PPaxaBCI						
ნაბიჯი 2. სამუშაო ჯგუფების ორგანიზება.	მოსწავლეები იყოფიან 4-5-კაციან ჯგუფებად. გუნდების შემადგენლობა შეიძლება შეირჩეს: ა) მასწავლებლის შეხედულებისამებრ ან მოსწავლეთა სურვილით; ბ) შემთხვევითობის პრინციპით (მაგ., წინასწარ ჩაყარეთ ყუთში ჯგუფის ნომრები (4-5 ცალი 1-ლი, მე-2 და ა.შ. იმდენი ნომერი, რამდენი ჯგუფის ორგანიზებაც გაქვთ განზრახული. სთხოვეთ მოსწავლეებს, ამოიღონ ნომრები და იმ მაგიდასთან დაიკავონ ადგილი, რომელზეც წინასწარ მინიშნებული გაქვთ ჯგუფის ნომერი. ჯგუფის წევრები გაინაწილებენ ფუნქციებს (იდებების, დასმული შეკითხვების, გაუგებარი საკითხების ჩამწერი, პრეზენტაციის ორგანიზებაზე პასუხისმგებელი, პრეზენტატორი).						
ნაბიჯი 3. ჯგუფებისთვის დავალებების მიცემა.	მასწავლებელი ჯგუფებს აძლევს დავალებებს: დავალება 1 - I და II ჯგუფს; დავალება 2 და 3 - III და IV ჯგუფს (დამატებით შეგიძლიათ შესთავაზოთ მოსწავლეებს გამაფრთხილებელი ნიშნის ესკიზის წარმოდგენა, რომელშიც მკაფიოდ უნდა ჩანდეს გაფრთხილება: სტატიკური ელექტრობა, სახიფათოა). დავალება 4 - V და VI ჯგუფს. (დავალებები იხ. მოსწავლის წიგნში მე-2 პროექტის აღწერილობაში). შესრულებული დავალებები ჯგუფებმა ცხრილის სახით უნდა წარმოადგინონ: <table><tr><th>ვიცი</th><th>მინდა, ვიცოდე</th><th>ვისწავლე</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	ვიცი	მინდა, ვიცოდე	ვისწავლე			
ვიცი	მინდა, ვიცოდე	ვისწავლე					

ნაბიჯი 4. ჯგუფური სამუშაო	ჯგუფების წევრები ერთმანეთში მსჯელობენ დავალების ფარგლებში დასმულ შეკითხვებზე. დავალებების ფარგლებში ავსებენ ცხრილს: „ვიცი. მინდა, ვიცოდე/ვისწავლე“.
ნაბიჯი 5. დისკუსია	ჯგუფები შეჯერებულ მოსაზრებებს წარმოადგენენ კლასის წინაშე. მოსწავლეთა შორის იმართება დისკუსია. კითხვა-პასუხის რეჟიმში და-ზუსტდება იმ კითხვებზე პასუხი, რომლებზეც დავალების ფარგლებში მოუწიათ მუშაობა. მასწავლებელი აქტიურადაა ჩართული დისკუსიაში, მოსწავლეებს აძლევს საჭირო რჩევებს და მიმართულებას.
ნაბიჯი 6. დავალება დამოუკიდებელი მუშაობისთვის	მასწავლებელი ჯგუფებს დავალებას აძლევს, რომელიც მათ, კლასგარეთ, დამოუკიდებლად უნდა შეასრულონ. მასწავლებელი Teams-ში დახურულ ჯგუფებს ქმნის. ჯგუფის წევრებს შესაძლებლობა ექნებათ, ერთმანეთს Teams-ში შეხვდნენ, გააზიარონ ინდივიდუალურად შესრულებული სამუშაო. მოსწავლეებს დავალების შესასრულებლად ეძლევათ გარკვეული ვადა, რომლის გასვლის შემდეგ ისინი კლასში წარმოადგენენ პრეზენტაციას და უსაფრთხოების წესების ჩამონათვალს ფლიპჩარტზე, პლაკატის სახით.

II ეტაპი - პროექტზე მუშაობა და პროექტის საბოლოო პროდუქტის შექმნა.	
მოსწავლეთა ორგანიზების ფორმა	სწავლა - სწავლების მეთოდები, სტრატეგიები
ინდივიდუალური; ჯგუფური.	ელექტრონული სწავლება (ვიბრიდული: დასწრებული/დისტანციური), ჯგუფური მუშაობა, თანამშრომლობითი სწავლება, დისკუსია/დებატები, დედუქციის მეთოდი (ზოგად ცოდნაზე დაყრდნობით ახალი ცოდნის აღმოჩენის ლოგიკური პროცესი), ანალიზი, სინთეზი.
ნაბიჯი 1. დისტანციური სამუშაო შეხვედრა (შეხვედრები).	საკლასო სივრცეში, თანაკლასელებისა და მასწავლებლის ჩართულობით ჩატარებული ჯგუფური სამუშაო მოსწავლეებს დამოუკიდებლად შესასრულებელ დავალებას გაუმარტივებს იმ თვალსაზრისით, რომ მათ გარკვეული წარმოდგენა შეექმნებათ: ა) როგორ უნდა შეასრულონ პროექტის ფარგლებში აღწერილი დავალებები (იხ. მოსწავლის წიგნში, მე-2 პროექტი: სტატიკური ელექტრობა – სახიფათო მეგობარი); ბ) უსაფრთხოების რა წესები უნდა შესთავაზონ საზოგადოებას სტატიკური ელექტრობის საფრთხეების თავიდან ასაცილებლად; გ) როგორ შექმნან საკუთარი ფანტაზიით „საავტორო“ გამაფრთხილებელი ნიშანი, რა მოკლე და მკაფიო გზავნილი უნდა შესთავაზონ საზოგადოებას ამ ნიშნის დახმარებით, რათა სტატიკური ელექტრობისგან მომდინარე საფრთხეები თავიდან აიცილონ; სამუშაოსთვის განკუთვნილ ვადაში ჯგუფის თითოეული წევრი დამოუკიდებლად მუშაობს და დანარჩენებს ინდივიდუალურად შესრულებულ სამუშაოს პერიოდული შეხვედრებისას უზიარებს. ჯგუფის წევრები მსჯელობენ, აჯამებენ ინდივიდუალურ ნამუშევრებს და თანხმდებიან, თუ რა საბოლოო სახით წარმოადგენენ შესრულებულ დავალებას. მოსწავლეები ერთობლივი მუშაობის შედეგად ქმნიან პრეზენტაციას.

ნაბიჯი 2. სამუშაო შეხვედრა პირისპირ.	მოსწავლეები ერთმანეთს დასწრებულ რეჟიმში ხვდებიან და თითოეული მათგანის მონაწილეობით იქმნება პროექტის საბოლოო პროდუქტი - პლაკატი თემაზე: ფრთხილად! სტატიკური ელექტრობა სამიშია! ა) მოსწავლეები მუშაობენ გამაფრთხილებელი ნიშნის შექმნაზე: ჩამოწერენ განსხვავებულ იდეებს და ცდილობენ, მთავარი სათქმელი ნახატის ან სქემის დახმარებით გამოხატონ; ბ) გადაიტანენ ფლიპჩარტზე უსაფრთხოების იმ წესებს, რომლებიც მათ სხვადასხვა ელექტროსტატიკური მოვლენისა და მათთან დაკავშირებული საფრთხეების გაანალიზების შედეგად შეიმუშავეს.
---	--

III ეტაპი - შესრულებული სამუშაოს პრეზენტაცია	
მოსწავლეთა ორგანიზების ფორმა	სწავლა - სწავლების მეთოდები და სტრატეგიები
ჯგუფური, მთელი კლასი	პრეზენტაცია, დისკუსია/დებატები.
სამუშაოსთვის განკუთვნილი ვადის ამოწურვის შემდეგ, ჯგუფები შესრულებულ სამუშაოს (პრეზენტაცია, უსაფრთხოების წესების ჩამონათვალი ფლიპჩარტზე) კლასში წარმოადგენენ. პრეზენტატორები პასუხობენ აუდიტორიის კითხვებს. მოსწავლეები და მასწავლებელი აფასებენ წარმოდგენილ სამუშაოს. პრეზენტაციაში უნდა ჩანდეს: 1) დავალების მიზანი (ელექტროსტატიკური მოვლენების გაცნობა, ახსნა, უსაფრთხოების წესების შემუშავება); 2) თეორიული მოდელი: რა არის ელექტროსტატიკური მოვლენა, როგორ წარმოიქმნება სტატიკური მუხტები; 3) მაგალითები/მოვლენები, რომლებიც ასახავს ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში სტატიკური ელექტრობის გამოვლინებას; 4) როგორ იყენებს ადამიანი დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედებას სასარგებლო მიზნებისთვის; 5) საფრთხეები, რომლებიც ელექტროსტატიკურ მოვლენებს თან ახლავს; 6) მიზეზშედეგობრივი კავშირი პრეზენტაციაში აღწერილია ყველა ფიზიკურ მოვლენასა და მის თანამდევ პროცესს შორის (რა მიზეზითაა გამოწვეული, რა შედეგი მოჰყვება). უსაფრთხოების წესების ჩამონათვალი (პლაკატის სახით, ფლიპჩარტზე): 1) მოსწავლეებმა უსაფრთხოების წესების ჩამონათვალი უნდა წარმოადგინონ პლაკატის სახით. მათ უნდა განმარტონ თითოეული წესის მართებულობა ფიზიკის თვალსაზრისით; 2) ჩამონათვალს უნდა ერთვოდეს მოსწავლეთა მიერ შექმნილი გამაფრთხილებელი ნიშანი. ნიშანი უნდა შეიცავდეს შეიცავს მოკლე, მკაფიო გზავნილს საზოგადოებისადმი, რომ სტატიკურ ელექტრობასთან სიფრთხილე მართებთ.	

შენიშვნა:

1. კომპლექსურ დავალებაში ფასდება: ა) პრეზენტაცია; ბ) პლაკატი.
2. შეგიძლიათ იხელმძღვანელოთ შეფასების იმ სქემებით (იხ. შეფასების სქემის ფორმა №4 მასწავლებლის ნიგნში), რომლებიც მასწავლებლის ნიგნშია მოცემული ან შექმნათ საკუთარი შეხედულები-სამებრ, შეაფასოთ მოსწავლეთა ჯგუფური სამუშაო და გაითვალისწინოთ ამ სამუშაოში მონაწილეთა ინდივიდუალური წვლილიც (იხ. შეფასების სქემის ფორმა №5 მასწავლებლის ნიგნში).

დამაბრუნებელი მასალა მასწავლებლებისთვის:

სხეულების დამუხტვა ხახუნისას, ანუ სტატიკური ელექტრობა, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, უფრო ხშირად სულაც არ არის ზიანის მომტანი, მაგრამ ზოგჯერ ეს გარკვეულ უხერხულობას ქმნის. მაგ., ქაღალდგადამამუხტველ კომბინატებში ან სტამბებში მუშები იძულებული არიან, რეზინის ხელთათმანებით იმუშაონ, რადგან ხელზე ხახუნის შედეგად ქაღალდი ელექტროვდება და ხელს ეკვრის. თუ რატომ რეზინის, ამას შემდეგ გაკვეთილზე შეიტყობთ (**შენიშვნა:** რეზინი დიელექტრიკია და მუხტებს არ ატარებს).

სტამბაში გაზეთის ფურცლებზე ტექსტი მბრუნავ ცილინდრზე აწყობილი შრიფტით გადააქვთ. ამ დროს ფურცლები ცილინდრთან შეხებისას ელექტროვდება და ხშირად ეკვრება მას, რაც აფერხებს ტექსტის სხვა ფურცლებზე გადატანას. იმისათვის, რომ ეს საკმაოდ უსიამოვნო მოვლენა თავიდან აიცილონ, მუშები ფურცლებს ატენიანებენ, რის გამოც სტატიკური მუხტები ფურცლებზე აღარ გროვდება.

შენიშვნა: დამუხტვა ელექტრონების გადანაწილებასთანაა დაკავშირებული, ელექტრონები კი მხოლოდ ატომის ზომის მანძილებზე გადაადგილდებიან. დატენიანება ფურცლების ერთმანეთთან მჭიდროდ შეხებას და შესაბამისად დამუხტვას უშლის ხელს. გარდა ამისა, წყალი გამტარია და მუხტების დაგროვებას ხელს შეუშლის.

ამ მოვლენის ახსნა და მუხტების გამტარებზე საუბარი მოსწავლეთათვის ჯერ ადრეა, ამიტომ მათ მხოლოდ ეტყვი, რომ ამ მოვლენებს ისინი მომავალში დაუბრუნდებიან და ახსნიან კიდევ.

ადამიანებმა მოახერხეს და ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედება თავიანთი მიზნებისათვის გამოიყენეს. ასე მაგალითად,

ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედება საფუძვლად უდევს ასლის გადამღები აპარატის – ქსეროქსის მოქმედებას:

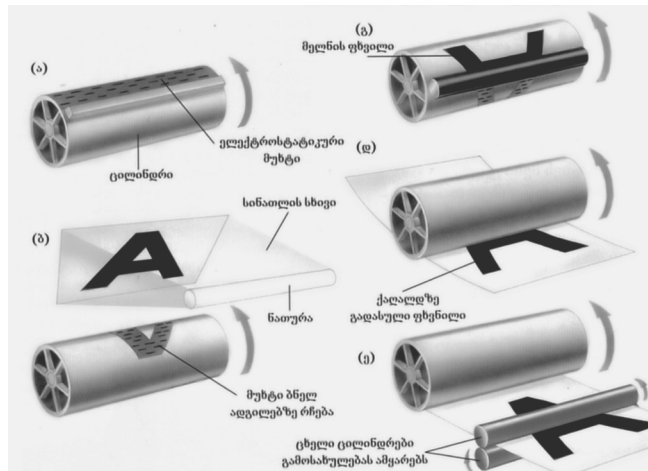
ფურცელს, რომელზეც გადასაღები ტექსტია, აპარატში ათავსებენ და მძლავრი, კაშკაშა სინათლით ასხივებენ (ბ). იმ ადგილებიდან, სადაც ნაწერია, სინათლე არ აირეკლება, ხოლო ფურცლის თეთრი, დაუწერელი ადგილებიდან სინათლე აირეკლება და აპარატის ძირითად ნაწილს – სპეციალური ნახევარგამტარი ნივთიერებით, სელენით დაფარულ მბრუნავ ცილინდრს ხვდება (ა).

დააკვირდით ქსეროქსის სქემას:

ცილინდრის ზედაპირი უარყოფითადაა დამუხტული (ა). ცილინდრის ის ადგილები, რომლებსაც ფურცლიდან არეკლილი სინათლე ხვდება, განეიტრალდება.

ასეთი მოქმედება ახასიათებს სინათლეს. ეს ფოტოგეფექტის სახელწოდებითაა ცნობილი, მაგრამ ამ მოვლენას უფროს კლასებში შევისწავლით.

შენიშვნა: სინათლის მოქმედებით ნივთიერებიდან ელექტრონები ამოიყრება. ეს მოვლენა ფოტოგეფექტის სახელითაა ცნობილი. სწორედ ამიტომ განეიტრალდება ცილინდრზე ის უარყოფითად დამუხტული ადგილები, რომლებსაც ქაღალდიდან არეკლილი სინათლე ეცემა.



კითხვა	მოსწავლის სავარაუდო პასუხი
1. დაფიქრდით, განეიტრალდება თუ არა ის ადგილები, რომლებიც ორიგინალის ასოების მოხაზულობას გაიმეორებს? რატომ?	1. არ განეიტრალდება, რადგან იმ ადგილებზე სინათლე არ მოხვდება იმ მიზეზით, რომ ორიგინალის ასოებიდან სინათლე არ აირეკლება.
2. მაშ ასე, როგორ იქნება დამუხტული ცილინდრზე ის ადგილები, რომელიც ასოების მოხაზულობას იმეორებს?	2. ცილინდრზე ის ადგილები, რომლებიც ასოების მოხაზულობას იმეორებს, კვლავ უარყოფითად იქნება დამუხტული (ბ).

3. ცილინდრს დამუხტული მელნის ფხვნილი – ტონერი ეყრება (გ) და იგი მხოლოდ იმ ადგილებს ეკვრება, რომელიც ორიგინალის მოხაზულობას იმეორებს. რა მოხდება ამ დროს? ანუ რა მოხდება, თუ მელნის ფხვნილს ცილინდრის ის ადგილები მიიკრავს, რომელიც ასოების მოხაზულობას იმეორებს?

4. როგორ ფიქრობთ, რა ნიშნის მუხტიტაა დამუხტული ტონერი? რატომ?

5. დააკვირდით სქემას, როგორ გადადის ცილინდრზე მიღებული გამოსახულება სუფთა ქაღალდის ფურცელზე. გამოთქვით ვარაუდი, რა ნიშნის მუხტი უნდა ჰქონდეს ქაღალდს? რატომ?

ქაღალდის ფურცელი გადის ორ მბრუნავ ცხელ ცილინდრს შორის, რომელიც თითქოსდა აუთოებს მას. მაღალი ტემპერატურა ადნობს ტონერის ნაწილაკებს და ისინი მტკიცედ ენებება ქაღალდის ზედაპირს. ასე მიიღება ორიგინალის ასლი.

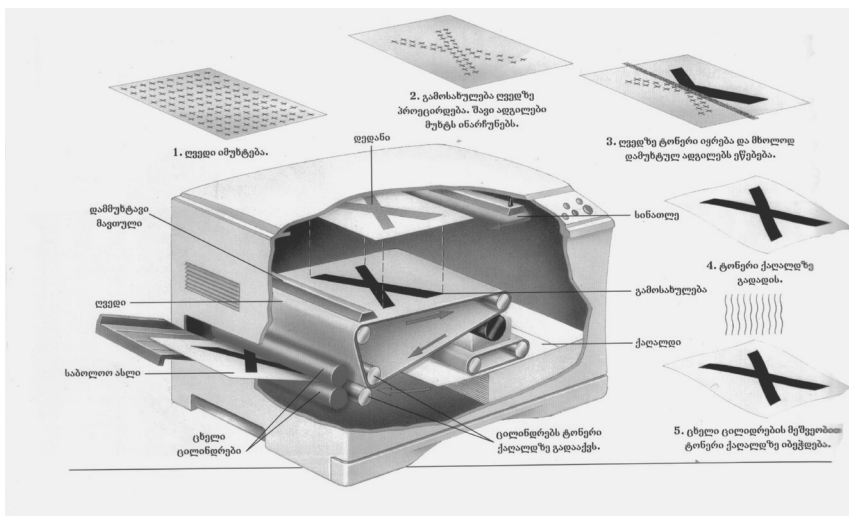
თუ ამ საკითხის შესახებ დანვრილებითი ინფორმაციის მოპოვება გასურთ, შეგიძლიათ მონახოთ ის მისამართზე:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Photocopier>

http://www.exploratorium.edu/science_explorer/roller.html

შენიშვნა: მასწავლებლის წიგნში მოყვანილი ინფორმაცია განკუთვნილია მასწავლებლებისთვის, ამიტომ ავტორი თავს უფლებას აძლევს, ახსენოს ნახევარგამტარი, სელენი, ფოტოგენეტი. მათი ხსენება და მით უმეტეს დაწვრილებით ამის ახსნა მოსწავლეებთან საჭირო არ არის.

სახელმძღვანელოში ასლის გადამღები ისეთი აპარატის სქემაა, სადაც გამოყენებულია მბრუნავი ცილინდრი. არსებობს სხვა კონსტრუქციის აპარატიც, სადაც ცილინდრის ნაცვლად მბრუნავი ღვედია. გთავაზობთ ასეთი კონსტრუქციის აპარატის სქემატურ სურათსაც (მოქმედების პრინციპი იგივეა).



თემა:	ელექტროსტატიკა	
კომპლექსური დავალების სათაური	პროექტი №2: ელექტროსტატიკური გენერატორი	
სირთულის დონე (მარტივი, საშუალო სირთულის, რთული)	დავალების განხორციელების სავარაუდო დრო:	დავალების ფარგლებში შექმნილი პროდუქტი:
რთული	1–1,5 თვე	ელექტროსტატიკური გენერატორის მოდელი
სამიზნე ცნება:	საკითხი/ქვესაკითხები:	ქვეცნებები:
ფიზიკური პროცესი (ფიზ. საშ. 1,2,3,4). ენერგია (ფიზ.საშ.1,2,3,4)	• ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება; • ელექტრული მოვლენები; • გამტარები და არაგამტარები; • ელექტრული მუხტის თვისებები; • კულონის კანონი; • ელექტრული ველი; • გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში.	დაელექტროება; პოტენციური ენერგია; კინეტიკური ენერგია; ელექტრული ველის მუშაობა.
სამიზნე ცნებასთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები:		
ფიზიკური პროცესი მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობის აღსაწერად მეცნიერები ამ მოვლენების შესაბამის ფიზიკურ პროცესებს იკვლევენ. თითოეული პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდეებით, რომელთა ურთიერთდაკავშირებითაც შესაძლებელია ამ პროცესის აღწერა; 2) ყველა ფიზიკურ მოვლენას და მის დამახასიათებელ პროცესს განაპირობებს მიზეზი და მოჰყვება შედეგი. მათ შორის კავშირების დადგენა კი მეცნიერების მთავარი ამოცანაა; 3) ფიზიკური პროცესების მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებსა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა მეთოდებით. ენერგია მოსწავლემ უნდა გააცნობიეროს, რომ: 1) სისტემის შემადგენელ სხეულებს მათი მოძრაობისა და სხვა სხეულებთან ურთიერთქმედების გამო, ასევე სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და მათი ერთმანეთთან ურთიერთქმედების გამო შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა სახის ენერგია, რომელიც შესაძლებელია გარდაიქმნას ერთი სახიდან მეორეში; 2) სხეულთა სისტემის ენერგიის ცვლილებას განსაზღვრავს მის მიერ (მასზე გარე ძალების მიერ) მუშაობის შესრულება ან/და თბოგადაცემა, ხოლო სხეულთა სისტემის მიერ შესრულებული მუშაობის (ენერგიის ცვლილების) სისწრაფეს – მის მიერ განვითარებული სიმძლავრე; 3) სხეულთა სისტემის ენერგიებისა და მათი ცვლილების დამოკიდებულება ენერგიების ცვლილების გამომწვევ მიზეზებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებითა და სხვა მეთოდებით.		

კომპლექსური დავალების განხორციელების ეტაპები:

I ეტაპი - პროექტის გაცნობა/ზოგადი მიმოხილვა	
მოსწავლეთა ორგანიზების ფორმა	სწავლა - სწავლების მეთოდები და სტრატეგიები
ჯგუფური	თანამშრომლობითი სწავლება, გონებრივი იერიში (იგულისხმება დავალების ფარგლებში კონკრეტული საკითხის/პრობლემის შესახებ მაქსიმალურად მეტი განსხვავებული აზრის, იდეის ჩამოყალიბება და გამოთქმა, საკითხის გადაჭრისადმი შემოქმედებითი მიდგომა), დისკუსია/დებატები, ცხრილი: „ვიცი/მინდა, ვიცოდე/ვისწავლე“, ანალიზი, სინთეზი.
ნაბიჯი 1. პროექტის წარდგენა.	მასწავლებელი კლასს პროექტის შინაარსსა და სასწავლო მიზანს გააცნობს. შენიშვნა: პროექტის წარდგენა ხდება მას შემდეგ, რაც უკვე დამუშავებულია შემდეგი საკითხები: 1.1 ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება; 1.2 ელექტრული მოვლენები; 1.3 ელექტროსკოპი. გამტარები და არაგამტარები; 1.4 ელექტრული მუხტის თვისებები (მუხტის შენახვის კანონი); 1.5 კულონის კანონი. პროექტზე მუშაობის პერიოდში, პარალელურად, მოსწავლეები გაეცნობიან საკითხებს: 2.1 ელექტრული ველი; 2.4 გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში. შენიშვნა: ეს არის იმ მინიმალური საკითხების ჩამონათვალი, რომელსაც მოსწავლე აუცილებლად უნდა იცნობდეს იმისათვის, რომ პროექტზე მუშაობა შეძლოს (არა მარტო დაამზადოს მოდელი, არამედ ახსნას ის ფიზიკური მოვლენები, რომლებიც საფუძვლად უდევს ამა თუ იმ ელექტროსტატიკური გენერატორის მუშაობის პრინციპს). გარდა იმ საკითხებისა, რომლებიც ზემოთაა ჩამოთვლილი და თავმოყრილია პარაგრაფებში, მოსწავლე უნდა ასევე უნდა გაეცნოს: ა) ტრობოელექტრულ ეფექტს (იხ. პროექტი №4), რომელსაც ვან დე გრააფის გენერატორის მუშაობას ეფუძნება; ბ) ელექტროსტატიკურ ინდუქციის მოვლენას, რომელსაც ელექტროფორული მანქანის მოქმედება ეფუძნება (§ 2.4). შენიშვნა: ამ საკითხს მოსწავლეები მოგვიანებით გაეცნობიან, თუმცა გათვალისწინებულია იმ ვადაში, რომელიც პროექტს ეთმობა. პროექტის წარდგენის დროს მასწავლებელი: 1. აწვდის მოსწავლეებს ზოგად ინფორმაციას: რას ნიშნავს ზოგადად „გენერაცია“ და რა ტიპის მოწყობილობებს უწოდებენ გენერატორებს, როგორი ტიპის ელექტრული გენერატორები არსებობს, რა არის ელექტროსტატიკური გენერატორი, რა ტიპის ელექტროსტატიკური გენერატორები არსებობს (მოსწავლის წიგნი, პროექტი №2, დამატებითი ინფორმაცია: http://bitly.ws/rS4U (ზოგადი ინფორმაცია) http://bitly.ws/pi8r (ვიდეო: ოტო გერიკეს გენერატორი) http://bitly.ws/rS6P (ვიდეო: ვან დე გრააფის გენერატორი) http://bitly.ws/rS6M (ვიდეო: ვან დე გრააფის გენერატორი) http://bitly.ws/rS6Q (ვიდეო: ელექტროფორული (ვიმპურსტის) მანქანა)

	2. ა) აჩვენებს ელექტროფორს საკუთარი ხელით დამზადებულს ან ვიდეოზე: http://bitly.ws/rS6W http://bitly.ws/rS6X ბ) უხსნის, რა არის ელექტროფორი და რისთვის გამოიყენება: ელექტროფორი – უმარტივეს მოწყობილობაა, რომელიც ერთგვარი ელექტროსტატიკური გენერატორია. მისი დახმარებით მარტივად და ეფექტიანად შეიძლება ელექტრული მუხტის მიღება (იხ. ელექტროფორის შესახებ დამატებითი ინფორმაცია და მისი დამზადების შესახებ ინსტრუქცია მოსწავლის წიგნში 134-ე გვერდზე); გ) ელექტროფორის გამოყენებით მუხტავს სხვადასხვა სხეულებს. მაგ., ძაფზე დაკიდებულ ფოლგისგან დამზადებულ ბურთულას.
ნაბიჯი 2. სამუშაო ჯგუფების ორგანიზება.	მოსწავლეები იყოფიან 4-5-კაციან ჯგუფებად. გუნდების შემადგენლობა შეიძლება შეირჩეს: ა) მასწავლებლის შეხედულებისამებრ ან მოსწავლეთა სურვილით; ბ) შემთხვევითობის პრინციპით (მაგ., წინასწარ ჩაყარეთ ყუთში ჯგუფის ნომრები (4-5 ცალი 1-ლი, მე-2 და ა.შ. იმდენი ნომერი, რამდენი ჯგუფის ორგანიზებაც გაქვთ განზრახული. სთხოვეთ მოსწავლეებს, ამოიღონ ნომრები და იმ მაგიდასთან დაიკავონ ადგილი, რომელზეც წინასწარ მინიშნებული გაქვთ ჯგუფის ნომერი.
ნაბიჯი 3. დავალება ჯგუფური სამუშაოსთვის	მასწავლებელი ჯგუფებს: 1. აძლევს დავალებას: მათ უნდა ჩაატარონ მარტივი ექსპერიმენტი და დააკვირდნენ ე.წ. „ფრანკლინის ზარების“ მოქმედებას. მასწავლებელი ჯგუფებს ცდის ინსტრუქციას აძლევს, სადაც აღწერილია ცდის ეტაპები ან სთავაზობს ვიდეოს: https://www.youtube.com/watch?v=V987ayurEjo 2. ცდის ჩასატარებლად მოსწავლეებს დასჭირდებათ ელექტროფორი. მათ თავად უნდა დაამზადონ ელექტროფორი. მასწავლებელი აძლევს ინსტრუქციას ან მიუთითებებს წიგნში (იხ. მოსწავლის წიგნში 134-ე გვერდზე); 3. ურიგებს ცდის ჩასატარებლად და ელექტროფორის დასამზადებლად საჭირო მასალებს (მასალები იაფია და ხელმისაწვდომი. იხ. მოსწავლის წიგნი, გვ.134); თითოეულ ჯგუფს ცდისთვის დასჭირდება: - კონსერვისთვის განკუთვნილი ლითონის ცარიელი ქილა (2 ცალი); - დიელექტრიკის სადგამი ან რეზინის საფენი; - აბრეშუმის ძაფი; - ფურცლების ასაკინძი ლითონის სამაგრი; - ფანქარი (წვენი სასრუტი ან ნაყინის ჯოხი).

	ცდის ჩატარების ეტაპები: 1. მოათავსეთ ქილები ერთმანეთთან ახლოს, დაახლოებით 1–1,2 სმ-ის დაშორებით; 2. მოათავსეთ ერთი ქილა დიელექტრიკის სადგამზე იმისათვის, რომ იზოლირებული იყოს სამუშაო მაგიდიდან; 3. მოათავსეთ მეორე ქილის თავზე ფანქარი, რომელზეც ძაფით რკინის სამაგრი დაკიდებული. სამაგრი ქილებს შორის უნდა იყოს მოქცეული; 4. შეახე იზოლირებულ ქილას დამუხტული ელექტროფორი რამდენჯერმე; 5. დააკვირდი რკინის სამაგრის რხევით მოძრაობას ქილებს შორის და ახსენი: ა) რა მიზეზით ირხევა გამტარი ბურთულა ქილებს შორის; ბ) როგორ იცვლება სისტემის (ქილები, ბურთულა) ჯამური მუხტი და სისტემაში შემავალი სხეულების მუხტები ბურთულას ყოველი რხევისას; გ) როგორ მიიღება და როგორ გარდაიქმნება ენერგია სისტემაში (ახსენი, რა ფიზიკურ ფაქტორებზეა დამოკიდებული მიღებული ენერგიის სიდიდე).
ნაბიჯი 4. ჯგუფური სამუშაო-ექსპერიმენტი	ჯგუფის წევრები 1. ამზადებენ ელექტროფორს; 2. ატარებენ ცდას: აკვირდებიან „ფრანკლინის ზარების“ მოქმედებას.
ნაბიჯი 5. დისკუსია	ჯგუფები კლასის წინაშე ატარებენ ექსპერიმენტს ფრანკლინის ზარებზე და იყენებენ თავიანთ მიერ დამზადებულ ელექტროფორს. მოსწავლეთა შორის იმართება დისკუსია. კითხვა-პასუხის რეჟიმში დაზუსტდება იმ კითხვებზე პასუხი, რომლებიც დავალების ფარგლებში გაჩნდა. მოსწავლეები უზიარებენ ერთმანეთს, როგორ შეძლეს/ვერ შეძლეს ელექტროფორის დამზადება, ცდის ჩატარება და სასურველი შედეგის მიღება, როგორ მიიღეს/ვერ მიიღეს მუხტი ელექტროფორით, რა შეცდომა დაუშვეს, რამ განაპირობა სამუშაო პროცესის წარმატება და ა.შ. მოსწავლეებელი აქტიურადაა ჩართული დისკუსიაში, მოსწავლეებს აძლევს საჭირო რჩევებს და მიმართულებას. მოსწავლეები ხსნიან ცდის შედეგსაც. შენიშვნა: • ამ ეტაპზე მოსწავლეები ვერ შეძლებენ ახსნან, თუ როგორ იმუხტება ელექტროფორი (ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენას ისინი მოგვიანებით გაეცნობიან); • ამ ეტაპზე მოსწავლეებს მხოლოდ ელექტროფორის შექმნა ევალებათ. ეს ძალიან მარტივი და სახალისო ხელსაწყო დაეხმარებათ, ეფექტიანად მიიღონ ელექტრული მუხტი სხვადასხვა ექსპერიმენტებშიც. გარდა ამისა, მოსწავლეებს უკვე ექნებათ დამზადებული ერთგვარი ელექტროსტატიკური გენერატორი, რომელსაც შემდგომში გამოიყენებენ თავიანთ კომპლექსურ დავალებაში. • მოსწავლეებს უკვე არსებულ ცოდნაზე დაყრდნობით შეუძლიათ „ფრანკლინის ზარების“ მოქმედების ახსნა: https://demos.smu.ca/index.php/demos/e-n-m/171-franklin-s-bells https://www.youtube.com/watch?v=fEqudsylWzk https://www.youtube.com/watch?v=RaKh7ZoLd0M

ნაბიჯი 6. დავალება დამოუკიდებელი მუშაობისთვის	მასწავლებელი ჯგუფებს დავალებას აძლევს, რომელიც მათ კლასგარეთ, დამოუკიდებლად უნდა შეასრულონ. მასწავლებელი Teams-ში დახურულ ჯგუფებს ქმნის. ჯგუფის წევრებს შესაძლებლობა ექნებათ, ერთმანეთს Teams-ში შეხვდნენ, გააზიარონ ინდივიდუალურად შესრულებული სამუშაო. დავალება 1. მოსწავლეებმა დამოუკიდებლად უნდა მოიძიონ და დაამუშაონ ინფორმაცია ტრიბოელექტრული ეფექტის შესახებ (მოვლენა, რომელსაც ისინი ფაქტობრივად უკვე იცნობენ ელექტრული მოვლენებიდან და რომელსაც ეფუძნება ვან დე გრააფის გენერატორის მუშაობის პრინციპი). დავალების შესასრულებლად მასწავლებელი მოსწავლეებს დამატებით წყაროებსაც მიუთითებს: მაგ., მოსწავლის წიგნი, პროექტი№4. დამატებითი ინფორმაცია: http://bitly.ws/rS9s ვიდეო: http://bitly.ws/rS9B დავალება 2. მოსწავლეებმა უნდა ახსნან ელექტროსტატიკური „სათამაშოს“ მოქმედება (იხ. მოსწავლის წიგნი, გვ. 47-48); შენიშვნა: ელექტროსტატიკური „სათამაშოს“ მოქმედების პრინციპი ახსნილია ცხრილის ქვემოთ.
---	--

II ეტაპი - ჯგუფური მუშაობა პროექტის შესავალ ნაწილზე	
მოსწავლეთა ორგანიზების ფორმა	სწავლა-სწავლების მეთოდები, სტრატეგიები
ინდივიდუალური; ჯგუფური	ელექტრონული სწავლება (ჰიბრიდული: დასწრებული/დისტანციური), ჯგუფური მუშაობა, თანამშრომლობითი სწავლება, დისკუსია/დებატები, დედუქციის მეთოდი (ზოგად ცოდნაზე დაყრდნობით ახალი ცოდნის აღმოჩენის ლოგიკური პროცესი), ანალიზი, სინთეზი.
ნაბიჯი 1. დისტანციური სამუშაო	სამუშაოსთვის განკუთვნილ ვადაში (3-5 დღე) ჯგუფის თითოეული წევრი დამოუკიდებლად მუშაობს (ეცნობა ტრიბოელექტრულ ეფექტს, ფიქრობს, თუ როგორ მოქმედებს „ელექტროსტატიკური სათამაშო“) და დანარჩენებს უზიარებს იმ ინფორმაციას, რომელსაც დამოუკიდებლად მიაგნო. ჯგუფის წევრები მსჯელობენ, აჯამებენ ინდივიდუალურად მოპოვებულ ინფორმაციას.
ნაბიჯი 2. სამუშაო შეხვედრა პირისპირ	სამუშაო შეხვედრა კლასში, მასწავლებლის თანდასწრებით ტარდება. მასწავლებელი მოსწავლეთა ჯგუფებს სთავაზობს რამდენიმე დავალებას, რომელთაგან ჯგუფები ერთ-ერთს ირჩევენ. დავალებები მოდელების შექმნასა და მათი მოქმედების პრინციპის ახსნას ითხოვს. დავალება 1. გერიკეს ელექტროსტატიკური გენერატორის მოდელის შექმნა და მისი მოქმედების პრინციპის ახსნა; დავალება 2. ვან დე გრააფის გენერატორის მოდელის შექმნა და მისი მოქმედების პრინციპის ახსნა; დავალება 3. ელექტროფორული (ვიმშურსტის) მანქანის მოდელის შექმნა და მისი მოქმედების პრინციპის ახსნა; დავალება 4. ელექტროსტატიკური „სათამაშოს“ მოდელის შექმნა და მისი მოქმედების პრინციპის ახსნა. მასწავლებელი თითოეული მანქანის მოქმედებას გააცნობს (იყენებს საამისოდ ვიდეოებს ან თუ ამის საშუალებას სასკოლო ლაბორატორია იძლევა, აჩვენებს მათ. მაგ., ელექტროფორული მანქანა ხშირად სასკოლო ლაბორატორიების აღჭურვილობაში შედის). ვან დე გრააფი, ვიდეო: https://www.youtube.com/watch?v=PboZPDP6wGQ https://www.youtube.com/watch?v=BmbhU_a7tjs

	ელექტროფორული (ვიმშურსტის) მანქანა: https://www.youtube.com/watch?v=nA4aCd5qFWs ვან დე გრააფისა და ვიმშურსტის გენერატორის აგებულებასა და მუშაობის პრინციპზე დაკვირვებას ვირტუალურ ლაბორატორიაშიც შეძლებენ: http://bitly.ws/pj5Q http://bitly.ws/pj5J თითოეული ჯგუფი ირჩევს მისთვის საინტერესო დავალებას. მასწავლებელი თითოეულ ჯგუფს ვიდეონსტრუქციებს აცნობს, რომლებშიც ნათლად ჩანს ამა თუ იმ ტიპის მანქანის მარტივი მოდელის შექმნის გზა. მოდელების შექმნისთვის საჭირო ვიდეონსტრუქციები: გერიკეს ელექტროსტატიკური მანქანის მოდელი: http://bitly.ws/pi8r http://bitly.ws/pi8u http://bitly.ws/pi8w http://bitly.ws/pi8N ვან დე გრააფის გენერატორის მოდელი: http://bitly.ws/pi9j http://bitly.ws/pi9n http://bitly.ws/pj6S ვიმშურსტის მანქანის მოდელი: http://bitly.ws/pi9N http://bitly.ws/pi9W http://bitly.ws/pia4 http://bitly.ws/pia5 ელექტროსტატიკური „სათამაშოს“ მოდელი. მოდელის მთავარი ნაწილი „ფრანკლინის ზარებია“. მოსწავლეებმა საკუთარი ფანტაზიით უნდა შექმნან „სათამაშო“, რომელშიც ფრანკლინის ზარები სანახაობრივ დატვირთვას შეიძენს. ასევე შეიძლება მოიფიქრონ, რა პრაქტიკული გამოყენება შეიძლება ჰქონდეს ასეთ „ზარებს“ (მაგ., ცნობილია, რომ თავად ფრანკლინი ასეთ „ზარებს“ ატმოსფეროში დაგროვილი მუხტის აღმოსაჩენად იყენებდა და ჭექა-ქუხილის მოახლოებას წინასწარმეტყველებდა: https://www.upsbatterycenter.com/blog/how-to-make-franklins-bells/ https://www.youtube.com/watch?v=A84NzLckYmg https://demos.smu.ca/index.php/demos/e-n-m/171-franklin-s-bells მასწავლებელი ჯგუფებს სთხოვს, შეადგინონ სამუშაოსთვის საჭირო რესურსების ჩამონათვალი და ეხმარება მათ რესურსების სწორად განსაზღვრაში. მასწავლებელი მოსწავლეებს შეახსენებს უსაფრთხოების წესებსაც, რომლებიც მათ სტატიკურ ელექტრობასთან დაკავშირებულ აქტივობებში უნდა დაიცვან.
--	--

III ეტაპი: პროექტზე მუშაობა და პროექტის საბოლოო პროდუქტის შექმნა.	
მოსწავლეთა ორგანიზების ფორმა	სწავლა-სწავლების მეთოდები, სტრატეგიები
ინდივიდუალური; ჯგუფური.	ელექტრონული სწავლება (პიბრიდული: დასწრებული/დისტანციური), ჯგუფური მუშაობა, თანამშრომლობითი სწავლება, დისკუსია/დებატები, დედუქციის მეთოდი (ზოგად ცოდნაზე დაყრდნობით ახალი ცოდნის აღმოჩენის ლოგიკური პროცესი), ანალიზი, სინთეზი.
ნაბიჯი 1. დისტანციური სამუშაო შეხვედრა (შეხვედრები).	საკლასო სივრცეში თანაკლასელებისა და მასწავლებლის ჩართულობით ჩატარებული ჯგუფური სამუშაო მოსწავლეებს დამოუკიდებლად შესასრულებელ დავალებას გაუმარტივებს იმ თვალსაზრისით, რომ მათ გარკვეული წარმოდგენა შეექმნებათ, როგორ უნდა შეასრულონ პროექტის ფარგლებში აღწერილი დავალებები. სამუშაოსთვის განკუთვნილ ვადაში ჯგუფის თითოეული წევრი დამოუკიდებლად მუშაობს და დანარჩენებს ინდივიდუალურად შესრულებულ სამუშაოს პერიოდული შეხვედრებისას უზიარებს. ჯგუფის წევრები მსჯელობენ, აჯამებენ ინდივიდუალურ ნამუშევრებს და თანხმდებიან, თუ რა საბოლოო სახით წარმოადგენენ შესრულებულ დავალებას. მოსწავლეები ერთობლივი მუშაობის შედეგად ქმნიან მოდელზე მუშაობის გეგმასა და პრეზენტაციას.
ნაბიჯი 2. სამუშაო შეხვედრა პირისპირ.	მოსწავლეები ერთმანეთს დასწრებულ რეჟიმში ხვდებიან და თითოეული მათგანის მონაწილეობით იქმნება პროექტის საბოლოო პროდუქტი - ელექტრონული გენერატორის მოდელი. მოსწავლეები მოდელის დახმარებით ატარებენ ცდებს და განსაზღვრავენ: როგორ არის დამოკიდებული დაგროვილი მუხტის რაოდენობა (მიღებული ელექტრული ენერგია): ა) დროზე, რა დროის განმავლობაშიც მაგ., გენერატორის სახელური ბრუნავს უცვლელი სიჩქარით; ბ) გარე ძალის მიერ განვითარებულ სიმძლავრეზე (მაგ., როცა გენერატორის სახელური ბრუნავს ერთი და იმავე დროის განმავლობაში, ოღონდ განსხვავებული სიჩქარით). შენიშვნა: მოსწავლეები მოდელის შექმნაზე დამოუკიდებლად მუშაობენ, თუმცა აუცილებელია პერიოდული შეხვედრები მასწავლებელთან, რომელიც მათ საჭირო რეკომენდაციებს აძლევს.

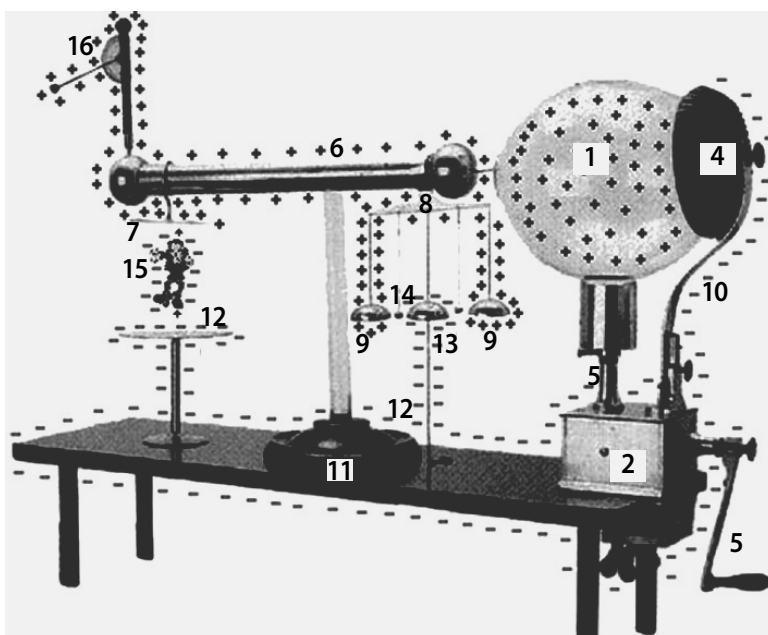
IV ეტაპი - შესრულებული სამუშაოს პრეზენტაცია	
მოსწავლეთა ორგანიზების ფორმა	სწავლა-სწავლების მეთოდები და სტრატეგიები
ჯგუფური, მთელი კლასი	პრეზენტაცია, დისკუსია/დებატები.
სამუშაოსთვის განკუთვნილი ვადის ამონაწერის შემდეგ ჯგუფები შესრულებულ სამუშაოს (პრეზენტაცია, მოდელი) კლასში წარმოადგენენ. პრეზენტატორები პასუხობენ აუდიტორიის კითხვებს. მოსწავლეები და მასწავლებელი აფასებენ წარმოდგენილ სამუშაოს. პრეზენტაციაში უნდა ჩანდეს: 1) დავალების მიზანი (მაგ., ელექტროსტატიკური მოვლენების გაცნობა, ელექტრული მუხტის წარმოქმნის განსხვავებული მიზეზების გაცნობა/ახსნა, ელექტრული ენერგიის მიღებისა და გარდაქმნის პროცესის ახსნა ელექტროსტატიკურ გენერატორში); 2) თეორიული მოდელი: რა არის ელექტროსტატიკური გენერატორი, მიზეზშედეგობრივი კავშირი ყველა იმ ფიზიკურ მოვლენასა და მის თანამდევ პროცესს შორის (რა მიზეზითაა გამოწვეული, რა შედეგი მოჰყვება), რომელსაც მოდელის მოქმედება ეფუძნება (რა მიზეზით გენერირდება ელექტრული მუხტები და რა შედეგი მოჰყვება ამ პროცესს). 3) გენერატორში მიმდინარე პროცესის ანალიზური აღწერა: ა) როგორ მიიღება ენერგია გენერატორში და როგორ გარდაიქმნება ერთი სახის ენერგია მეორეში (მაგ., მექანიკური ელექტრულად, ან პირიქით, ფრანკლინის ზარების შემთხვევაში); ბ) რით განისაზღვრება გენერატორში მიღებული ენერგია, არის თუ არა დამოკიდებული გარე ძალის მიერ შესრულებულ მუშაოზე; გ) როგორ არის დამოკიდებული დაგროვილი მუხტის რაოდენობა (მიღებული ელექტრული ენერგია): * დროზე, რომლის განმავლობაშიც მაგ., გენერატორის სახელური ბრუნავს უცვლელი სიჩქარით; * გარე ძალის მიერ განვითარებულ სიმძლავრეზე (მაგ., როცა გენერატორის სახელური ბრუნავს ერთი და იმავე დროის განმავლობაში, ოღონდ განსხვავებული სიჩქარით). 4) ფიზიკურ მოდელზე მუშაობის ცალკეული ეტაპების აღწერა და ასევე სამუშაო პროცესის ამ-სახეელი ფოტოვიდეო მასალა; 5) რა უსაფრთხოების წესები უნდა დავიცვათ ელექტროსტატიკურ გენერატორებთან მუშაობისას; 6) ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში ელექტროსტატიკური გენერატორის გამოყენების მაგალითები; 7) გამოყენებული წყაროები.	

შენიშვნა:

1. კომპლექსურ დავალებაში ფასდება: ა) პრეზენტაცია; ბ) მოდელი.
2. შეგიძლიათ იხელმძღვანელოთ შეფასების იმ სქემებით (იხ. შეფასების სქემის ფორმა №4 მასწავლებლის წიგნში), რომლებიც მასწავლებლის წიგნშია მოცემული ან შექმნათ საკუთარი შეხედულებისამებრ, შეაფასოთ მოსწავლეთა ჯგუფური სამუშაო და გაითვალისწინოთ ამ სამუშაოში მონაწილეთა ინდივიდუალური წვლილიც (იხ. შეფასების სქემის ფორმა №5 მასწავლებლის წიგნში).

„ელექტროსტატიკური სათამაშო“

შენიშვნა: მასწავლებლის წიგნში აღწერილი ელექტროსტატიკური „სათამაშო“ (სურ.1) მცირედ განსხვავდება იმ მოწყობილობისგან, რომელიც მოსწავლის წიგნშია (გვ.48) აღწერილი. მაგ., დამატებულია ელექტროსკოპი, სამუშაო მაგიდის ზედაპირი გამტარია.



სურ. 1

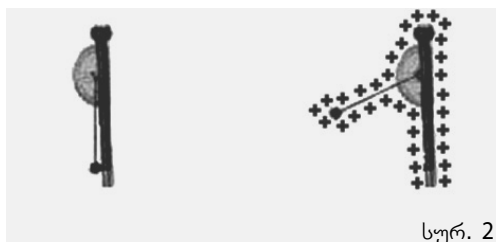
1-ლ სურათზე ჩანს, როგორ გადანაწილდება მუხტები „სათამაშოს“ სხვადასხვა დეტალზე მას შემდეგ, რაც მინის სფერო (1) ტყავის ბუდეზე (4) ხახუნით დაიმუხტება.

მინის სფეროზე (1), რომელიც ლითონის სადგამზე (2) არაგამტარი ლერძითაა (3) დამაგრებული, მჭიდროდაა მორგებული ტყავის ბუდე (4). არაგამტარი სახელურის (5) დახმარებით სფერო ტრიალებს და ტყავზე ხახუნით **დადებითად** იმუხტება;

1. დადებითად დაიმუხტება:

- ა) ლითონის ჰორიზონტალური ღერო (6), რომელიც სფეროს (1) ეხება;
- ბ) ღეროზე (6) ლითონის ჯაჭვით დაკიდებული ლითონის თევზი (7);
- გ) ლითონის ბერკეტი (8) და მის ბოლოებზე გამტარ საკიდებზე დაკიდებული „ფრანკლინის“ ლითონის ზარები (9).

დადებითად დაიმუხტება ასევე „ელექტროსკოპი“ (16) (სურ.1), რომლის ისარი თავისუფლად ბრუნავს დამაგრებული ცენტრის გარშემო. დადებითად იმუხტება ელექტროსკოპის ისარიც და განიზიდება ელექტროსკოპისგან. თუ ისარი გადახრილია (სურ.2), ეს იმის მანიშნებელია, რომ სახელურის ტრიალმა შედეგი გამოიღო: მუხტები გაცალკევდა და მოწყობილობა დაიმუხტა. ისრის გადახრის კუთხის მიხედვით შეიძლება მსჯელობა, რამდენად დიდი მუხტი დაგროვდა „სათამაშოზე“.



სურ. 2

2. უარყოფითად დაიმუხტება:

- ა) ტყავის ბუდე (2);
- ბ) ბუდესთან (2) გამტარით (10) შეერთებული ლითონის სადგამი (2);
- გ) სამუშაო მაგიდის **გამტარი ზედაპირი** (სურ.1) (და შესაბამისად, **მაგიდაზე მოთავსებული ლითონის დეტალები** (იხ. მოსწავლის წიგნში, გვ. 48, სურ. 6): მაგ., ისეთები, როგორიცაა მა-

გიდაზე მოთავსებული ლითონის ფირფიტა (11), ლითონის სადგამიანი გამტარი თეფში (12), ლითონის შუა ზარი (13), რომელიც ბერკეტზე (8) არაგამტარი ძაფითაა დაკიდებული;

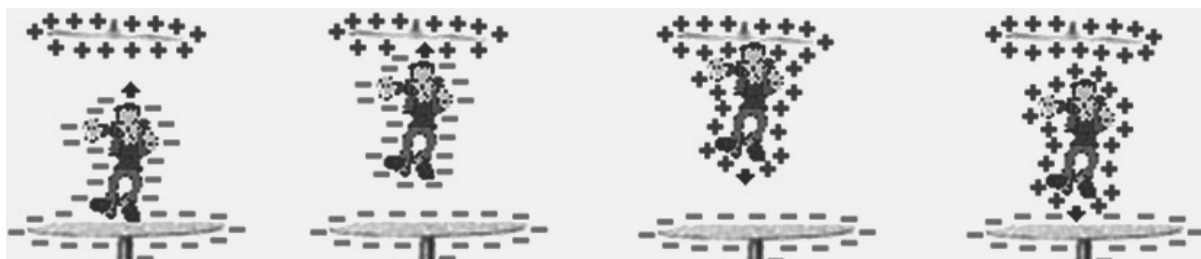
დააკვირდი: შუა ზარი ლითონის ფირფიტას (ან მაგიდის გამტარ ზედაპირს) (11) ლითონისავე ჯაჭვით უერთდება.

უარყოფითად დაიმუხტება ასევე:

ლითონის ქვედა თეფშზე (12) მოთავსებული გამტარი ფირფიტისგან გამოჭრილი პატარა „კაცუნა“ (15);

რას გამოიწვევს მუხტების ასეთი გადანაწილება, ანუ როგორ ამოქმედდება „ელექტროსტატიკური სათამაშო“?

მე-3 სურათზე გამოსახულია „მოცეკვავე კაცუნა“ (15) (უფრო სწორად, მას „მფრინავ ფრანკენ-შტაინს“ უწოდებდნენ): კაცუნა, რომელიც ქვედა თეფშზეა მოთავსებული, უარყოფითად დაიმუხტება და განიზიდება უარყოფითად დამუხტული თეფშისგან (12). ახტება ზევით და ზედა, დადებითად დამუხტულ თეფშს (7) შეეხება. გადასცემს მას უარყოფით მუხტს, დაიმუხტება დადებითად და განიზიდება მისგან. ისევ ქვედა თეფშისკენ წავა. ერთი სიტყვით, „მოცეკვავე კაცუნა“ ქვედა და ზედა თეფშს შორის, ზევით-ქვევით, იხტუნავებს.



სურ. 3

„ფრანკლინის ზარები“ (სურ.4) – რომელთაგან ორი (9) ბერკეტის ბოლოებზე გამტარ საკიდებზეა დაკიდებული, დამუხტულია დადებითად, ხოლო შუა, რომელიც უარყოფითად დამუხტულ მაგიდის ზედაპირს ეხება (13) – უარყოფითად. ზარებს შორის აბრეშუმის ძაფზე დაკიდებული ლითონის პატარა ბურთულა (14) დაიწყებს რხევას სხვადასხვა ნიშნით დამუხტულ ზარებს შორის, რაც გამოიწვევს ზარების რეკვას:

თუ თავდაპირველად ბურთულა დადებითად დამუხტულ ზარს (9) შეეხება, დადებითად დაიმუხტება და განიზიდება მისგან (სურ.3). შუა, უარყოფითად დამუხტული ზარი (13) მიიზიდავს დადებითად დამუხტულ ბურთულას. ბურთულა შეეხება მას, უარყოფითად დაიმუხტება და განიზიდება მისგან და ა.შ. ბურთულას ყოველი შეჯახებისას კი ლითონის ზარები ხმას გამოსცემენ...

ასე რომ, წკრილებს „ფრანკლინის ზარები“ და მათ რიტმულ ხმაზე ზევით-ქვევით დაქრის „კაცუნა“. ეს არის ის სათამაშო, რომელიც აოცებდა და ამავდროულად ართობდა იმდროინდელ საზოგადოებას.



სურ. 4

VII. შეფასების ფორმები

შენიშვნა: შეფასების ფორმები სარეკომენდაციო ხასიათისაა.

ფორმა №1. საშინაო წერიითი დავალების შეფასება	
მიღწევის დონის აღწერა	განმსაზღვრელი შეფასება
საშინაო დავალება სრულად აქვს შესრულებული. ნამუშევარი კარგადაა ორგანიზებული: ამოცანების ამოხსნები თვალსაჩინოა, ღია კითხვებზე პასუხები – ამომწურავი. გააზრებულად პასუხობს საშინაო დავალებასთან დაკავშირებულ კითხვებს.	10 ქულა
საშინაო დავალების უმეტესი ნაწილი აქვს შესრულებული. ნამუშევარი კარგადაა ორგანიზებული: ამოცანების ამოხსნები თვალსაჩინოა, ღია კითხვებზე პასუხები – ამომწურავი. გააზრებულად პასუხობს საშინაო დავალებასთან დაკავშირებულ კითხვებს. აქვს გაუგებარი საკითხ(ებ)ი, რომელზეც აქვს ნამუშევარი, თუმცა არ აქვს ბოლომდე მიყვანილი. დასვამს გაუგებარ საკითხ(ებ)თან დაკავშირებულ ადეკვატურ კითხვებს.	9 ქულა
საშინაო დავალება ნაწილობრივ აქვს შესრულებული. ნამუშევარი კარგადაა ორგანიზებული: ამოცანების ამოხსნები თვალსაჩინოა, ღია კითხვებზე პასუხები – ამომწურავი. აქვს გაუგებარი საკითხები, რომლებზეც აქვს ნამუშევარი, თუმცა არ აქვს ბოლომდე მიყვანილი. დასვამს გაუგებარ საკითხებთან დაკავშირებულ ადეკვატურ შეკითხვებს. პასუხობს დავალებასთან დაკავშირებულ კითხვებს.	8 ქულა
საშინაო დავალება ნაწილობრივ აქვს შესრულებული. ნამუშევარი კარგადაა ორგანიზებული. ამოცანების ამოხსნები თვალსაჩინოა. ღია კითხვებზე პასუხები სრულია და ამომწურავი. შეკითხვები გაუგებარ საკითხებთან მიმართებით არ აქვს ჩამოყალიბებული, თუმცა აღნიშნავს, რომ დავალების ნაწილი „ვერ გაიგო“. დავალების შესრულებულ ნაწილთან დაკავშირებულ კითხვებს პასუხობს.	7 ქულა
საშინაო დავალების მცირე ნაწილი აქვს შესრულებული. ამოხსნები არ არის თვალსაჩინო. არ უწერია მოცემულობები, ამოხსნა და ა.შ. ღია კითხვებზე პასუხები აქვს ძალიან მოკლე, არ ჩანს, რა კითხვაზე პასუხობს. აღნიშნავს, რომ დავალების ნაწილი „ვერ გაიგო“, თუმცა შეკითხვები გაუგებარ საკითხებთან მიმართებით არ აქვს ჩამოყალიბებული. შესრულებულ დავალებასთან დაკავშირებული შეკითხვებზე უჭირს პასუხის გაცემა.	6 ქულა
საშინაო დავალების მცირე ნაწილი აქვს შესრულებული. ამოხსნები არ არის თვალსაჩინო. არ უწერია მოცემულობები, ამოხსნა და ა.შ. ღია კითხვებზე პასუხები აქვს ძალიან მოკლე, არ ჩანს, რა კითხვაზე პასუხობს. აღნიშნავს, რომ დავალების ნაწილი „ვერ გაიგო“, თუმცა შეკითხვები გაუგებარ საკითხებთან მიმართებით არ აქვს ჩამოყალიბებული. შესრულებულ დავალებასთან დაკავშირებულ დამაზუსტებელ კითხვებს ვერ პასუხობს.	5-4 ქულა
საშინაო დავალების მცირე ნაწილი აქვს შესრულებული, თუმცა არასწორად. დავალება არ არის ორგანიზებული. დავალებასთან მიმართებით შეკითხვებს ვერ აყალიბებს. ვერ პასუხობს დავალებასთან დაკავშირებულ კითხვებს.	3-2 ქულა
დავალება გადანერილია ან საერთოდ არ აქვს დავალება შესრულებული	1 ქულა

ფორმა №2. საგაკვეთილო პროცესში ჩართულობის შეფასება	
მიღწევის დონის აღწერა	განმსაზღვრელი შეფასება
აქტიურადაა ჩართული საგაკვეთილო პროცესში: უსმენს აუდიტორიას (მასწავლებელს / თანაკლასელებს); მონაწილეობს მასწავლებლის მიერ შეთავაზებულ აქტივობებში ან მუშაობს დაფასთან, ან მონაწილეობს დისკუსიაში: დასვამს განსახილველ თემასთან დაკავშირებულ გონივრულ კითხვებს, უმეტესწილად სწორად პასუხობს დასმულ შეკითხვებს, კორექტულად იცავს თავის აზრს; ამჟღავნებს თემასთან დაკავშირებული საკითხების ცოდნას.	9-10 ქულა
ჩართულია საგაკვეთილო პროცესში: უსმენს აუდიტორიას; მონაწილეობს მასწავლებლის მიერ შეთავაზებულ აქტივობებში / მუშაობს დაფასთან; მონაწილეობს დისკუსიაში.	7- 8 ქულა
უსმენს აუდიტორიას; იშვიათად ან არ მონაწილეობს მასწავლებლის მიერ შეთავაზებულ აქტივობებში/ არ მუშაობს დაფასთან/ არ მონაწილეობს დისკუსიაში. აკეთებს ჩანაწერებს – იწერს დაფასთან გარჩეულ საკითხებს.	5- 6 ქულა
არ უსმენს აუდიტორიას; არ მონაწილეობს მასწავლებლის მიერ შეთავაზებულ აქტივობებში/ არ მუშაობს დაფასთან/ არ მონაწილეობს დისკუსიაში; ხელს არ უშლის საგაკვეთილო პროცესს. არ აკეთებს ჩანაწერებს.	3-4 ქულა
არ უსმენს აუდიტორიას; არ მონაწილეობს მასწავლებლის მიერ შეთავაზებულ აქტივობებში/ არ მუშაობს დაფასთან/ არ მონაწილეობს დისკუსიაში; ხელს უშლის საგაკვეთილო პროცესს (ხშირად წყდება მის გამო საგაკვეთილო პროცესი).	1-2 ქულა

ფორმა №3. დამოუკიდებელი წერიტი სამუშაოს შეფასება	
მიღწევის დონის აღწერა	განმსაზღვრელი შეფასება
ზუსტად იცავს დავალების შესრულების ინსტრუქციას (ჯერ მუშაობს მკაცრად ინდივიდუალურად, ხოლო შემდეგ მენწყილესთან ერთად განიხილავს შედეგებს); წარმოადგენს ნამუშევარს დაფასთან კლასის წინაშე; ნამუშევარი ორგანიზებულია; პრობლემის გადაჭრის გზა სწორია/უმოკლესია/შემოქმედებითია; სწორად პასუხობს დასმულ შეკითხვებს, კორექტულად იცავს თავის აზრს; აღნიშნავს მენწყილის დამსახურებას დავალების შესრულებაში; ამჟღავნებს თემასთან დაკავშირებული საკითხების ცოდნას.	9-10 ქულა
მეტწილად იცავს დავალების შესრულების ინსტრუქციას (ჯერ მუშაობს მეტწილად ინდივიდუალურად, ხოლო შემდეგ მენწყილესთან ერთად განიხილავს შედეგებს); წარმოადგენს ნამუშევარს დაფასთან კლასის წინაშე; ნამუშევარი ნაკლებად ორგანიზებულია, აქვს მხოლოდ მონახაზი; პრობლემის გადაჭრის გზა სწორია, თუმცა არაოპტიმალური. მეტწილად სწორად პასუხობს დასმულ შეკითხვებს, კორექტულად იცავს თავის აზრს; აღნიშნავს მენწყილის დამსახურებას დავალების შესრულებაში; მეტწილად ამჟღავნებს თემასთან დაკავშირებული საკითხების ცოდნას.	7-8 ქულა
არ იცავს დავალების შესრულების ინსტრუქციას (არ მუშაობს ინდივიდუალურად, მხოლოდ მენწყილესთან ერთად განიხილავს ამოცანას); აკეთებს ნამუშევრის პრეზენტაციას დაფასთან, მთელი კლასის წინაშე; ნამუშევარი არ არის ორგანიზებული: ფიზიკური სიდიდეების ერთეულები არ აქვს გადაყვანილი ერთ სისტემაში, არ უწერია სამუშაო ფორმულა. ასრულებს მხოლოდ გამოთვლებს განყენებულ რიცხვებზე. უშვებს შეცდომებს, სწორ შედეგამდე მისვლა უჭირს; უჭირს პასუხი დასმულ შეკითხვებზე და ვერ იცავს თავის აზრს; ავლენს თემასთან დაკავშირებული საკითხების ნაწილობრივ ცოდნას.	5-6 ქულა
არ იცავს დავალების შესრულების ინსტრუქციას (არ მუშაობს დამოუკიდებლად, ჩანაწერებს აკეთებს სხვისი დახმარებით); არ აკეთებს ნამუშევრის პრეზენტაციას დაფასთან; ვერ ავლენს თემასთან დაკავშირებული საკითხების ცოდნას. უჭირს პასუხი დასმულ შეკითხვებზე და ვერ იცავს თავის აზრს.	3-4 ქულა

არ მუშაობს დამოუკიდებლად, არ აკეთებს ჩანაწერებს, არ არის ჩართული მენეჯერისთან მუშაობაში; არ მონაწილეობს მასწავლებლის მიერ შეთავაზებულ აქტივობებში/ არ მუშაობს დაფასთან/ არ მონაწილეობს დისკუსიაში; ვერ პასუხობს დასმულ შეკითხვებს; ვერ ავლენს თემასთან დაკავშირებული საკითხების ცოდნას.	1-2 ქულა
---	------------------------

ფორმა № 4. საპრეზენტაციო თემის შეფასება

საპრეზენტაციო თემის შეფასების კრიტერიუმები

ა) შინაარსი

1. პრეზენტაციაში წარმოდგენილი მასალა შესაბამისობაშია განსახილველ საკითხთან;

0	1	2	3
---	---	---	---
2. პრეზენტაციაში წარმოდგენილი მასალა ეყრდნობა მეცნიერულად სწორ თვალსაზრისს;

0	1	2	3
---	---	---	---
3. პრეზენტაციაში წარმოდგენილი მასალა სიღრმისეულადაა განხილული;

0	1	2	3
---	---	---	---
4. წარმოდგენილი თვალსაზრისი / ექსპერიმენტი / სიმულაცია შეესაბამება შინაარსს;

0	1	2	3
---	---	---	---
5. წარმოდგენილი სლაიდები შინაარსის შესაბამისია.

0	1	2	3
---	---	---	---

ბ) წარდგენის ფორმა

პრეზენტატორი

6. ავლენს თავდაჯერებულობას, არ კითხულობს ტექსტს;

0	1	2	3
---	---	---	---
7. ლაპარაკობს გასაგებად და შედეგად დამსწრე საზოგადოებას უადვილდება შინაარსის გააზრება;

0	1	2	3
---	---	---	---
8. ურთიერთობს აუდიტორიასთან ეფექტიანად;

0	1	2	3
---	---	---	---
9. იცავს დროის ლიმიტს.

0	1	2	3
---	---	---	---

საპრეზენტაციო თემის შეფასების სქემა.

მაქსიმალური ქულაა 27

დაგროვილი ქულები	განმსაზღვრელი შეფასება
1-3	1
4-6	2
7-9	3
10-12	4
13-14	5
15-17	6
18-20	7
21-22	8
23-25	9
26-27	10

შენიშვნა: მოცემული სქემა ინდივიდუალური პრეზენტაციის შეფასებას გულისხმობს. საჭიროების შემთხვევაში მთავრად ჯგუფურ პრეზენტაციას, მაგ., შეაფასეთ **გუნდურობა:**

10. მოქმედებენ როგორც გუნდი და არა როგორც ცალკეული ინდივიდები

3

ကျမ်း:

[illegible]

შენიშვნა.

ფორმა №5. ჯგუფურ სამუშაოში მონაწილის ინდივიდუალურად შეფასება.

გაითვალისწინეთ: ფორმას მხოლოდ სარეკომენდაციო ხასიათი აქვს. მიღწევის დონეების აღწერილობა შეგიძლიათ შეცვალოთ თქვენი მოსწავლეების შესაძლებლობების ან სამუშაოს მოთხოვნების მიხედვით.

შენიშვნა:

ა) არ არის აუცილებელი ყველა მოსწავლის განმსაზღვრელი ნიშნით შეფასება. შეგიძლიათ, ამ ფორმის მიხედვით დაწეროთ როგორც განმავითარებელი, ისე განმსაზღვრელი შეფასება;
ბ) შეგიძლიათ, შეაფასოთ მხოლოდ ჩართულობა ან მხოლოდ პრეზენტაციაში მონაწილეობა;
გ) სასურველია, შეფასება ყოველი აქტივობის შემდეგ გაკეთდეს ზეპირად, მაგრამ საბოლოო კომენტარი განმავითარებელი შეფასების სახით, უმჯობესია, გაკვეთილის დამთავრების შემდეგ, ჩანაწერების ანალიზის შედეგად დაწეროთ. ამას, რა თქმა უნდა, დრო სჭირდება და გაკვეთილზე, სავარაუდოდ, არ მოხერხდება. შეფასების შედეგები მეორე გაკვეთილზე შეგიძლიათ, გამოუცხადოთ მოსწავლეებს ან ელექტრონული სახით მიაწოდოთ.

განმსაზღვრელი შეფასების (ნიშნის) გამოყვანა:

ა) მოსწავლის შეფასება პროცენტებში = $\frac{\text{დაგროვილი ქულა}}{\text{მაქსიმალური ქულა}} \cdot 100\%$

ბ) პროცენტული მაჩვენებელი დაამრგვალეთ მთელ რიცხვამდე;

გ) მოსწავლის შეფასება ქულებში :

1 ქულა - 0-დან 14 % ჩათვლით;

2 ქულა - 15-დან 24 % ჩ;

3 ქულა - 25-დან 34 % ჩ;

4 ქულა - 35-დან 44 % ჩ;

5 ქულა - 45-დან 54 % ჩ;

6 ქულა - 55-დან 64 % ჩ;

7 ქულა - 65-დან 74 % ჩ;

8 ქულა - 75-დან 84 % ჩ;

9 ქულა - 85-დან 94 % ჩ;

10 ქულა - 95-დან 100 % ჩ;

შენიშვნა: თუ ქულები ისე გაქვთ განაწილებული, როგორ მოცემულ ცხრილშია (გვ. 98), მაშინ ორივე კრიტერიუმში დაგროვილ ქულათა ჯამი პირდაპირ მიაწინებს საბოლოო ქულას.

ფორმა № 6. საკლასო კვლევის შეფასება

1 - 3 ქულა	4 - 5 ქულა	6 - 7 ქულა	8 -10 ქულა
არასწორად აყალიბებს კვლევის მიზანს, ვერ აყალიბებს ვარაუდს, ვერ აღწერს ან არასწორად აღწერს ცდის შედეგებს, ვერ აანალიზებს შედეგებს, ვერ გამოაქვს დასკვნები.	ნაწილობრივ სწორად აყალიბებს მიზანს. აყალიბებს, მაგრამ ვერ ასაბუთებს თავის ვარაუდს. ჩამოთვლის კვლევის პროცესის ზოგიერთ ეტაპს. აღწერს ცდის შედეგს ნაწილობრივ და უსისტემოდ. ნაწილობრივ აანალიზებს შედეგებს. გამოაქვს ნაწილობრივ სწორი დასკვნები.	აყალიბებს მიზანს. აყალიბებს და ნაწილობრივ ასაბუთებს თავის ვარაუდს. აღწერს ცდის შედეგებს სრულად, მაგრამ უსისტემოდ. აანალიზებს შედეგებს. გამოაქვს ძირითადად სწორი დასკვნები.	სრულყოფილად აყალიბებს კვლევის მიზანს, აყალიბებს და ასაბუთებს თავის ვარაუდს. აღწერს ცდის შედეგებს სრულად. აანალიზებს მონაცემებს და გამოაქვს სრულფასოვანი დასკვნები. შეუძლია შეძენილი ცოდნის ინტერპრეტაცია.

კვლევითი სამუშაოს შეფასების ფორმა №7

კვლევის ეტაპები	მიღწევის დონეების აღწერილობა			
	0 ქულა	1 ქულა	2 ქულა	3 ქულა
1. საკვლევი კითხვა	არ აქვს ჩამოყალიბებული.	კითხვა ბუნდოვანია, მოკლეებულია კონკრეტულად, არ შეესაბამება საკვლევ თემას.	კითხვა ჩამოყალიბებულია არასწორად, რადგან მასზე პასუხის გაცემა კვლევას არ საჭიროებს.	კითხვა ჩამოყალიბებულია სწორად, მასზე პასუხის გაცემა მოითხოვს კვლევას.
2. საჭირო ინფორმაციის განსაზღვრა/მოძიება	არ აქვს მოძიებული.	არ შეესაბამება საკვლევ თემას.	შეესაბამება საკვლევ თემას, თუმცა არ არის საკმარისი კვლევისთვის.	შეესაბამება საკვლევ თემას და სავსებით საკმარისია კვლევისთვის.
3. ვარაუდი, ჰიპოთეზა – საკვლევ კითხვაზე სავარაუდო, კვლევის წინმსწრები პასუხი, რომლის ჭეშმარიტებაც ცდით შემოწმდება	არ აქვს ჩამოყალიბებული.	არ შეესაბამება საკვლევ კითხვას.	შეესაბამება საკვლევ კითხვას, თუმცა მისი ჭეშმარიტების დადგენა ცდით შეუძლებელია.	შეესაბამება საკვლევ კითხვას და მისი ჭეშმარიტების დადგენა შესაძლებელია ცდით.
4. ცდის მოკლე აღწერა	არ აქვს ცდის აღწერა.	აქვს ძალიან მოკლედ ჩამოყალიბებული, ბუნდოვანია ცდის მიმდინარეობა/ცდის შედეგი.	აქვს, თუმცა აღწერაში არ არის გამოკვეთილი ცდის წარმატებულად მიმდინარეობის მთავარი „საიდუმლო“.	აქვს მოკლედ, გასაგებად ჩამოყალიბებული. ყურადღება გამახვილებულია ცდის წარმატებით ჩატარებისთვის აუცილებელ მომენტებზე.
5. დამოუკიდებელი ცვლადი- სიდიდე/პირობა, რომელიც იცვლება ცდის ჩატარების პროცესში და იწვევს სხვა სიდიდის/პირობის ცვლილებას	არ აქვს მითითებული.	არ არის კავშირში საკვლევ კითხვასთან.	შეცდომით აქვს განსაზღვრული დამოუკიდებელი ცვლადი/პირობა მოცემული ცდის დროს.	სწორად აქვს განსაზღვრული.
6. დამოკიდებული ცვლადი- სიდიდე/პირობა, რომელიც იცვლება დამოუკიდებელი ცვლადის ცვლილების მიხედვით	არ აქვს მითითებული.	არ არის კავშირში საკვლევ შეკითხვასთან.	შეცდომით აქვს განსაზღვრული დამოკიდებული ცვლადი/პირობა მოცემული ცდის დროს.	სწორად აქვს განსაზღვრული.
7. პარამეტრი – მოცემული ცდის განმავლობაში მუდმივი სიდიდე/უცვლელი პირობა	არ აქვს მითითებული.	არ არის კავშირში საკვლევ შეკითხვასთან/ცდის მიმდინარეობასთან.	შეცდომით აქვს განსაზღვრული, დამოკიდებული/დამოუკიდებელი ცვლადი მოცემული ცდის დროს.	სწორად აქვს განსაზღვრული.
8. აღრიცხული მონაცემები /გაზომვის შედეგები	არ აქვს აღრიცხული.	არასწორად აქვს აღრიცხული. შეუსაბამოა ცდის მიმდინარეობასთან.	სწორად აქვს აღრიცხული. შესაბამისია ცდის მიმდინარეობასთან, მაგრამ არასაკმარისია დასკვნის გამოსატანად.	სწორად აქვს აღრიცხული. შესაბამისია ცდის მიმდინარეობასთან, საკმარისია დასკვნის გამოსატანად.

9. მონაცემების/ შედეგების ანალიზი, ინტერპრეტაცია და გამოტანილი დასკვნები	არ აქვს გაანალიზებული მონაცემები. არ აქვს გამოტანილი დასკვნები.	მონაცემების ანალიზი და გამოტანილი დასკვნები არასწორია.	მონაცემების ანალიზი სწორია, თუმცა დასკვნა არასწორად აქვს ჩამოყალიბებული ან რამდენიმე შესაძლო დასკვნიდან მხოლოდ ნაწილი აქვს წარმოდგენილი.	მონაცემების ანალიზი სწორია, დასკვნები სწორად აქვს ჩამოყალიბებული.
10. პასუხი საკვლევი კითხვაზე /საბოლოო დასკვნა	არ აქვს გაცემული პასუხი საკვლევი კითხვაზე, არ აქვს დასკვნა გამოტანილი.	პასუხი არ შეესაბამება კითხვას/საბოლოო დასკვნა არასწორია.	პასუხი/საბოლოო დასკვნა ნაწილობრივ პასუხობს საკვლევი კითხვას.	პასუხი/საბოლოო დასკვნა სრულად პასუხობს საკვლევი კითხვას.
11. დადასტურდა თუ არა შენი ჰიპოთეზა? თუ არ დადასტურდა, ჩამოაყალიბე ახალი ჰიპოთეზა	არ აქვს პასუხი.	შეცდომით აქვს განსაზღვრული.	უპასუხა, რომ „არ დადასტურდა“, მაგრამ არ აქვს ჩამოყალიბებული ახალი ჰიპოთეზა.	უპასუხებს, რომ „დადასტურდა“ ან „არ დადასტურდა“ და ჩამოყალიბებული აქვს ახალი ჰიპოთეზა.
12. თვითშეფასება : ა) რა გამოგივიდა ყველაზე კარგად კვლევისას? ბ) რა გამოგივიდა წარუმატებლად? გ) რას შეცვლიდი კვლევის პროცესში, თავიდან რომ ატარებდე კვლევას?	არ აქვს გაცემული.	პასუხი გაცემული აქვს მხოლოდ ერთ კითხვაზე.	პასუხი გაცემული აქვს მხოლოდ ორ კითხვაზე.	პასუხი გაცემული აქვს სამივე კითხვაზე.

შენიშვნა:

- ა) შეფასების ფორმას სარეკომენდაციო ხასიათი აქვს;
- ბ) შეფასების კრიტერიუმები და მიღწევის დონის აღწერილობა შეგიძლიათ, შეცვალოთ კვლევისთვის საჭირო ეტაპებისა და სასწავლო მიზნების მიხედვით.
- გ) შეფასების ფორმა დაგეხმარებათ არა მარტო მოსწავლის განმავითარებელ, არამედ განმსაზღვრელ შეფასებაშიც.
 - სულ 12 ეტაპია. თითოეული ეტაპის შეფასებისთვის გათვალისწინებულია მაქსიმალური 3 ქულა.
 - კვლევის სამუშაოს შეფასებისთვის მაქსიმალური ქულაა $12 \cdot 3 = 36$
 - ამ ნიმუშის მიხედვით, მოსწავლემ დააგროვა 34 ქულა.
 - განმსაზღვრელი შეფასება ასე გამოითვლება: $\frac{34}{36} \cdot 100\% \approx 94\%$. ე.ი. საბოლოო შეფასებაა 9 ქულა.
 - ნიშნის გამოყენების წესი ესგ-ს მიხედვით იხ. გვ. 99-ზე.

გაითვალისწინეთ:

- ა) იმის მიხედვით, თუ რა იყო სასწავლო მიზანი, შესაძლებელია, შეფასდეს კვლევის ცალკეული ეტაპი და არა მთლიანად კვლევითი სამუშაო. მაგ., თუ მასწავლებლის მიზანია, რომ მოსწავლემ საკვლევი შეკითხვის ჩამოყალიბება შეძლოს, მაშინ შეფასდება მხოლოდ ის ეტაპი, რომელზეც შეკითხვის ფორმულირება ხდება, ანუ მხოლოდ 1-ლი ეტაპი (იხ. ანგარიშის ფორმა). თუ მიზნად გაქვთ, რომ მოსწავლემ შეძლოს დამოუკიდებელი და დამოკიდებული ცვლადების სწორად განსაზღვრა, მაშინ შეფასდება მხოლოდ მე-5 და მე-6 ეტაპები.
- ბ) თუ კვლევითი სამუშაო რამდენიმე ექსპერიმენტს მოიცავს, ანგარიში უნდა დაინეროს თითოეული ექსპერიმენტის მსვლელობისა და შედეგების მიხედვით. ცალკეული ექსპერიმენტის მსვლელობა შეფასდება ყველა ეტაპის მიხედვით (იხ. შენიშვნებში) და საბოლოო განმსაზღვრელი შეფასება მათი საშუალო არითმეტიკულით გამოითვლება.

კვლევითი სამუშაოს პრეზენტაციის შეფასების ფორმა №8

მოსწავლის გვარი, სახელი კლასი თარიღი

საპრეზენტაციო თემა

შეფასების კრიტერიუმი	მიღწევის დონეების აღწერილობა			
	1 ქულა	2 ქულა	3 ქულა	4 ქულა
1. შინაარსის შესაბამისობა საპრეზენტაციო თემასთან	პრეზენტაციის შინაარსი არ შეესაბამება თემას.	პრეზენტაციის შინაარსი ნაწილობრივ შეესაბამება თემას.	პრეზენტაციის შინაარსი მეტწილად შეესაბამება თემას.	პრეზენტაციის შინაარსი სრულიად შეესაბამება თემას.
2. საკითხის ცოდნა/გააზრება	მოსწავლის მიერ გადმოცემული ინფორმაცია ბუნდოვანია; მოსაზრებები არ არის გამყარებული ფაქტებით, არ ეყრდნობა მეცნიერულად სწორ თვალსაზრისს მოსწავლეს უჭირს სათქმელის საკუთარი სიტყვებით გადმოცემა და დასმულ კითხვებზე პასუხის გაცემა.	მოსწავლის მიერ გადმოცემული ინფორმაცია ნაწილობრივ გასაგებია; ზოგიერთი მოსაზრება გამყარებულია ფაქტებით. ნაწილი კი არ ეყრდნობა მეცნიერულად სწორ თვალსაზრისს მოსწავლე ახერხებს სათქმელის ნაწილის საკუთარი სიტყვებით გადმოცემას და ზოგიერთ კითხვაზე პასუხის გაცემას.	მოსწავლის მიერ გადმოცემული ინფორმაცია უმეტესწილად გასაგებია; მოსაზრებების უმეტესობა გამყარებულია ფაქტებით და ეყრდნობა მეცნიერულად სწორ თვალსაზრისს მოსწავლე ახერხებს სათქმელის ძირითადი ნაწილის საკუთარი სიტყვებით გადმოცემას და დასმული კითხვების უმეტესობაზე პასუხის გაცემას.	მოსწავლის მიერ გადმოცემული ინფორმაცია სრულიად გასაგებია; ყველა მოსაზრება გამყარებულია ფაქტებით, ეყრდნობა მეცნიერულად სწორ თვალსაზრისს მოსწავლე კარგად ახერხებს სათქმელის საკუთარი სიტყვებით გადმოცემას და სწორად პასუხობს ყველა დასმულ კითხვას.
3. ინფორმაციის ორგანიზებულობა/ლოგიკური კავშირი საკითხებს შორის	წარმოდგენილ ინფორმაციაში არ არის გამოკვეთილი შესავალი და/ან დასკვნითი ნაწილი; არ ჩანს ლოგიკური კავშირი საკითხებს შორის.	წარმოდგენილ ინფორმაციაში ნაწილობრივ გამოკვეთილია შესავალი და/ან დასკვნითი ნაწილი; ნაწილობრივ ლოგიკურია კავშირი საკითხებს შორის.	წარმოდგენილ ინფორმაციაში გამოკვეთილია შესავალი და/ან დასკვნითი ნაწილი; ძირითადად, ლოგიკურია კავშირი საკითხებს შორის.	წარმოდგენილ ინფორმაციაში მკაფიოდ გამოკვეთილია შესავალი და/ან დასკვნითი ნაწილი; სრულიად ლოგიკურია კავშირი საკითხებს შორის.

4. კონტაქტი აუდიტორიასთან და საუბრის მანერა	მოსწავლე კითხულობს მთლიან ტექსტს სლაიდებიდან/ფურცლიდან და არ ამყარებს თვალთ კონტაქტს აუდიტორიასთან; საუბრისას ხშირად აკეთებს ხანგრძლივ პაუზებს ან ხშირად იყენებს საუბრის შემავსებელ ისეთ სიტყვებს, როგორიცაა „ისა“, „რა ჰქვია“ და სხვ.	მოსწავლე ხშირად კითხულობს ტექსტს სლაიდებიდან, ფურცლიდან და ზოგჯერ ამყარებს თვალთ კონტაქტს აუდიტორიასთან; საუბრისას ზოგჯერ აკეთებს ხანგრძლივ პაუზებს და იყენებს საუბრის შემავსებელ სიტყვებს.	მოსწავლე იშვიათად კითხულობს ტექსტს სლაიდებიდან და უმეტესწილად ამყარებს თვალთ კონტაქტს აუდიტორიასთან; საუბრისას იშვიათად აკეთებს ხანგრძლივ პაუზებს და იშვიათად იყენებს საუბრის შემავსებელ სიტყვებს.	მოსწავლე მხოლოდ თვალს ავლებს ტექსტს სლაიდებიდან და მუდმივად ამყარებს თვალთ კონტაქტს აუდიტორიასთან; საუბრისას არ აკეთებს ხანგრძლივ პაუზებს და არ იყენებს საუბრის შემავსებელ სიტყვებს.
5. წარდგენის ფორმები	მოსწავლე წარმოადგენს ზეპირ პრეზენტაციას, არ იყენებს არც ფლიპჩარტს და არც ელექტრონულ ფორმატს; არ წარმოადგენს ფოტო-ვიდეომასალას, არ ატარებს სადემონსტრაციო ექსპერიმენტს.	მოსწავლე წარმოადგენს ზეპირ პრეზენტაციას/ პრეზენტაციას ფლიპჩარტზე; წარმოადგენს ფოტო-ვიდეომასალას ან ატარებს სადემონსტრაციო ექსპერიმენტს.	მოსწავლე წარმოადგენს ზეპირ პრეზენტაციას/ პრეზენტაციას ფლიპჩარტზე; წარმოადგენს ფოტო-ვიდეომასალას და ატარებს სადემონსტრაციო ექსპერიმენტს ან მოსწავლე წარმოადგენს პრეზენტაციას ელექტრონულ ფორმატში; წარმოადგენს ფოტო-ვიდეომასალას ან ატარებს სადემონსტრაციო ექსპერიმენტს.	მოსწავლე წარმოადგენს პრეზენტაციას ელექტრონულ ფორმატში; წარმოადგენს ფოტო-ვიდეომასალას და ატარებს სადემონსტრაციო ექსპერიმენტს.

შენიშვნა:

ა) შეფასების რუბრიკას სარეკომენდაციო ხასიათი აქვს.

ბ) შეფასების კრიტერიუმები და მიღწევის დონის აღწერილობა შეგიძლიათ, შეცვალოთ სასწავლო მიზნების მიხედვით.

გ) შეფასების რუბრიკა დაგეხმარებათ არა მარტო მოსწავლის განმავითარებელ შეფასებაში, არამედ იმაშიც, რომ მოსწავლეს განმსაზღვრელი შეფასებაც დაუწეროთ.

➤ სულ 5 კრიტერიუმი. თითოეული კრიტერიუმის შეფასებისთვის მაქსიმალური ქულაა 4.

➤ პრეზენტაციის შეფასებისთვის მაქსიმალური ქულაა $5 \cdot 4 = 20$

➤ მაგ., მოსწავლის მიერ დაგროვილი ქულაა 17.

➤ განმსაზღვრელი შეფასება ასე გამოითვლება: $\frac{17}{20} \cdot 100\% = 85\%$. ე.ი. საბოლოო შეფასებაა 9 ქულა (იხ. ნიშნის გამოყენის წესი, გვ. 99)

გაითვალისწინეთ:

მნიშვნელოვანია, რომ მოსწავლემ წინასწარ იცოდეს ყველა ის კრიტერიუმი, რომლის მიხედვითაც მისი პრეზენტაცია შეფასდება.

რეკომენდაცია: ამობეჭდეთ და გააკარით საკლასო ოთახში. სასურველია, დაურიგოთ მოსწავლეებს ამობეჭდილი სახით.

**VIII. პასუხები პარაგრაფებში მოცემულ კითხვებზე, ამოცანების
ამოხსნები და ექსპერიმენტების სავარაუდო შედეგები.
დამატებითი მასალა მასწავლებლებისთვის**

თავი I. ელექტრული მოვლენები	106
1.1 ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება.....	106
1.2 ელექტრული მოვლენები	107
1.3 ელექტროსკოპი. გამტარები და არაგამტარები	108
1.4 ელექტრული მუხტის თვისებები.....	108
1.5 კულონის კანონი	109
1.6 ფიზიკა ამოცანებში: კულონის კანონი	112
თავი II. ელექტრული ველი	114
2.2 ელექტრული ველის ძალწირები	114
2.3 ფიზიკა ამოცანებში: ველების სუპერპოზიციის პრინციპი	114
2.4 გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში	115
2.5 დიელექტრიკები ელექტროსტატიკურ ველში	117
2.6 ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა	117
2.7 ელექტროსტატიკური ველის პოტენციალი	119
2.8 ფიზიკა ამოცანებში: ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა. პოტენციალი. ძაბვა.....	121
2.9 კონდენსატორი	121

თავი I. ელექტრული მოვლენები

1.1. ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედება

83.14

1

...შიჰალიენის მთის მახლობლად შვეული ვერტიკალური მდებარეობიდან მთისკენ იხრებოდა... როგორ ფიქრობ, რა იყო ამის მიზეზი? რომელი ტიპის ურთიერთქმედებით იყო გამოწვეული ექსპერიმენტის შედეგი (გაიხსენე: სულ ოთხი ტიპის ფუნდამენტური ურთიერთქმედებაა ცნობილი ბუნებაში).

პას.: მიზეზი იყო მთის მიზიდულობა. ექსპერიმენტის შედეგი გამოწვეულია გრავიტაციული ურთიერთქმედებით.

83.14

ცდა I

I ცდის შედეგი: თავდაპირველად ქალაქის ზოლსა და ღეროს შორის ურთიერთქმედება არ შეინიშნება, მაგრამ ფურცელზე ღეროს რამდენჯერმე გასმის შემდეგ ზოლი ღეროს მიერ მიიზიდება. ეს ხახუნის (შეხების) შედეგად დაელექტრობულ სხეულებს შორის ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებაა.

83.14

ცდა II

II ცდის შედეგი: თავდაპირველად ზოლებს შორის ურთიერთქმედება არ შეინიშნება. მათზე ღეროს რამდენჯერმე გასმის შემდეგ ზოლები ერთმანეთისგან განიზიდება (ისინი ერთნაირნიშნის მუხტით დაიმუხტება), ხოლო ღეროს მიერ მიიზიდება (ღერო და ზოლები სხვადასხვანიშნის მუხტითაა დამუხტული).

83.17

2

როგორ ფიქრობ, რა ძალები აკავებს ბირთვში პროტონებსა და ნეიტრონებს? შეიძლება თუ არა, რომ ეს ძალები იყოს: ა) გრავიტაციული ბუნების? რატომ? ბ) ელექტრომაგნიტური? რატომ?

პას.: ატომის ბირთვი მდგრადი სისტემაა, რომლის დაშლაც საკმაოდ რთულია. ძალები, რომლებიც სუბატომურ ნაწილაკებს შორის მოქმედებს, არ შეიძლება იყოს:

ა) გრავიტაციული. რადგან ნაწილაკთა მასები ძალიან მცირეა, მათ შორის გრავიტაციული მიზიდულობა იმდენად სუსტია, რომ ვერ უზრუნველყოფს ბირთვის მდგრადობას.

ბ) ელექტრომაგნიტური. რადგან ასეთ შემთხვევაში დადებითად დამუხტული პროტონები განიზიდავენ ერთმანეთს.

ბირთვში შემავალ ყველა ნაწილაკს შორის ბირთვული ძალები მოქმედებს (ძლიერი ურთიერთქმედება). ეს ძალები სიდიდით მნიშვნელოვნად აღემატება პროტონებს შორის მოქმედ განზიდვის ელექტრომაგნიტურ ძალებს, რის გამოც ბირთვი კოლოსალურ სიმკვრივემდეა შეკუმშული. გამოთვლილია, რომ ასეთი სიმკვრივის ნივთიერების 1 სმ³ მოცულობის მასა $1,3 \cdot 10^{11}$ კგ-ია.

? რა აკავებს ელექტრონებს ბირთვის გარშემო წრიულ ორბიტებზე? რატომ არ წყდებიან ისინი ბირთვს?

პას.: ბირთვში შემავალი პროტონები მიიზიდავენ ელექტრონებს და აღიძვრება ცენტრისკენული ძალა, რომელიც „აიძულებს“ ელექტრონებს, ბირთვის გარშემო წრიულ ორბიტებზე იმოძრაონ.

33.19

ცდა I

I ცდის შედეგი: დამუხტული სავარცხელი მიიზიდავს ქაღალდის ნაკუნებს და წყლის ჭაყვს.

33.20

1

1. მინის ჯოხის აბრეშუმის ქსოვილთან ხახუნისას მინის ჯოხი დადებითად იმუხტება (სურ. 5). ახსენი მინის ჯოხის დაელექტროების მექანიზმი. როგორ დაიმუხტება ამ დროს აბრეშუმის ქსოვილი? რატომ?

პას.: რადგან აბრეშუმზე ხახუნისას მინის ჯოხი დადებითად იმუხტება, ეს იმას ნიშნავს, რომ აბრეშუმის ატომბირთვები გაცილებით უფრო ძლიერად იზიდებს ელექტრონებს. ამიტომ ელექტრონები მინის ჯოხიდან აბრეშუმზე გადადის. ჯოხზე ელექტრონების (ანუ უარყოფითი მუხტის) დანაკლისი შეიქმნება და ის დადებითად დაიმუხტება, აბრეშუმზე კი ჭარბი უარყოფითი მუხტი გროვდება და, შესაბამისად, იგი უარყოფითად იმუხტება.

2. ებონიტის ჯოხის შალის ქსოვილთან ან ბენვთან ხახუნისას ებონიტის ჯოხი უარყოფითად იმუხტება.

ახსენი ებონიტის ჯოხის დაელექტროების მექანიზმი. როგორ დაიმუხტება ამ დროს შალის ქსოვილი? რატომ?

პას.: რადგან ბენვზე ხახუნისას ებონიტის ჯოხი უარყოფითად იმუხტება, ეს იმას ნიშნავს, რომ ჯოხის ატომბირთვები გაცილებით უფრო ძლიერად იზიდებს ელექტრონებს და ამიტომ ელექტრონები ბენვიდან ჯოხზე გადადის. ბენვზე ელექტრონების (ანუ უარყოფითი მუხტის) დანაკლისი შეიქმნება და იგი დადებითად დაიმუხტება.

33.21

ცდა II

II ცდის შედეგი: ებონიტის ჯოხი შალის ქსოვილზე ხახუნით უარყოფითი ნიშნით იმუხტება. როცა ებონიტის უარყოფითად დამუხტულ ჯოხს მასრას შევახებთ, ჯოხიდან ჭარბი ელექტრონები მასრაზე გადადის, მასრაც უარყოფითად დაიმუხტება და განიზიდება უარყოფითად დამუხტული ჯოხისგან, რაც იმას ნიშნავს, რომ **ერთნაირნიშნაანი მუხტით დაელექტროებული სხეულები განიზიდება.**

თუ უარყოფითად დამუხტულ მასრას შალის ქსოვილს მივუახლოვებთ, ქსოვილი მასრას მიიზიდავს, რადგან შალის ქსოვილი ჯოხზე ხახუნის შედეგად დადებითადაა დამუხტული. რაც იმას ნიშნავს, რომ **სხვადასხვანიშნაანი მუხტით დაელექტროებული სხეულები მიიზიდება.**

ორი სხეულის ერთმანეთზე ხახუნისას ორივე მათგანი იმუხტება. მათი მუხტები საპირისპირო ნიშნისაა: ერთი გასცემს ელექტრონებს და დადებითად დაიმუხტება, მეორე მიიერთებს ელექტრონებს და უარყოფითად დაიმუხტება.

33.21

ცდა III

III ცდის შედეგი: ებონიტის ჯოხი შალის ქსოვილზე ხახუნით უარყოფითი ნიშნით იმუხტება. თუ ჯოხს მასრებს შევახებთ, მასრებიც უარყოფითად დაიმუხტება, ერთმანეთთან მიახლოებისას კი ერთნაირი ნიშნის მუხტით დამუხტული მასრები განიზიდება.

დასკვნა: ერთნაირნიშნაანი მუხტით დაელექტროებული სხეულები განიზიდება.

83.22

ცდა IV

IV ცდის შედეგი: ებონიტის ჯოხი შალის ქსოვილზე ხახუნით უარყოფითი ნიშნით იმუხტება, მინის ჯოხი კი აბრეშუმის ქსოვილზე ხახუნით დადებითი ნიშნით იმუხტება. თუ ებონიტის ჯოხს ერთ მასრას შევასხებთ, ხოლო მინის ჯოხს – მეორეს, მასრები სხვადასხვანიშნიანი მუხტით დაიმუხტება: პირველი – უარყოფითად, მეორე კი – დადებითად, ერთმანეთთან მიახლოებისას კი სხვადასხვა ნიშნის მუხტით დამუხტული მასრები მიიზიდება.

დასკვნა: სხვადასხვანიშნიანი მუხტით დაელექტროებული სხეულები განიზიდება.

1.3 ელექტროსკოპი. გამტარები და არაგამტარები

83.23

ცდა I

I ცდის შედეგი: თუ ქილას შევასხებთ ბუშტს, რომელიც

ა) დაუმუხტავია, ქილის გასახსნელზე დამაგრებული ქალაღდის ან ფოლგისგან გამოჭრილი ფირფიტები არ გაიშლება;

ბ) დაელექტროებულია თმაზე ხახუნით, ფირფიტები გაიშლება;

83.26

1

ა) თუ ლითონის ღეროს პლასტმასით ჩავანაცვლებთ, მაშინ ელექტროსკოპი თავის ფუნქციას დაკარგავს: დამუხტული სხეულის ღეროსთან შეხებისას ღეროზე გადასული მუხტი ფურცლებზე არ გადავა და, შესაბამისად, ფურცლები არ გაიშლება. ამიტომ სხეულზე მუხტის აღმოჩენას ვერ შევძლებთ.

ბ) თუ ლითონის ღერო კორპუსისგან დიელექტრიკის საცობით იზოლირებული არ იქნება, ღეროზე გადასული მუხტი კორპუსს გადაეცემა:

თუ ლითონის კორპუსი სხვა გამტარებისგან იზოლირებული არ არის, ელექტროსკოპი განიმუხტება;

თუ იზოლირებულია, მაშინ მუხტის დიდი ნაწილი ღეროდან კორპუსზე გადავა და ელექტროსკოპის ფურცლები შეიძლება მცირედ გაიშალოს (ან შეიძლება არც გაიშალოს), რაც სხეულის მუხტის სიდიდეზე არასწორ წარმოდგენას შეგვიქმნის.

1.4 ელექტრული მუხტის თვისებები

83.31

1

პას.: ბენზინშიდის კედელთან ხახუნისას ბენზინი იმუხტება. აფეთქების საშიშროების თავიდან ასაცილებლად ლითონის ჯაჭვს კიდებენ, რომლის მეორე ბოლო მინის ზედაპირს ეხება. ეს დამინების ერთგვარი საშუალებაა: ბენზინში დაგროვილი სტატიკური მუხტები ჯაჭვის გავლით მიწაში გადავა და ცისტერნა განიმუხტება.

83.32

2

1. ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავებისას ერთმა მოსწავლემ გამოთვლებში $8 \cdot 10^{-20}$ კ-ის ტოლი საკვლევი მუხტი მიიღო, მეორემ – $2,4 \cdot 10^{-20}$ კ, ხოლო მესამემ – $(-2,4 \cdot 10^{-18})$ კ. რომელმა დაუშვეს გამოთვლებში შეცდომა?

პას.: შეცდომა დაუშვა პირველმა და მეორე მოსწავლემ: $8 \cdot 10^{-20}$ კ და $2,4 \cdot 10^{-20}$ კ მუხტები ელემენტარული მუხტის ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ კ-ის) ჯერადი რიცხვები არ არის.

2. რა რაოდენობის ელემენტარულ მუხტს შეესაბამება 1 კ ელექტრული მუხტი?
პას.: $n = 1 / (1,6 \cdot 10^{-19}) = 0,625 \cdot 10^{19} = 6,25 \cdot 10^{18}$

83.33

3

წვიმის წვეთი, რომელსაც $+6,72 \cdot 10^{-17}$ კ მუხტი ჰქონდა, შეერთდა წვეთთან, რომლის მუხტი $-10,08 \cdot 10^{-17}$ კ-ის ტოლია. როგორი იქნება შეერთების შედეგად მიღებული წვეთის მუხტი? რამდენი ზედმეტი ელექტრონი იქნება ასეთ წვეთზე?

პას.: მიღებული წვეთის მუხტი იქნება $(6,72 + (-10,08)) \cdot 10^{-17} = -3,36 \cdot 10^{-17}$ (კ);
წვეთზე ელექტრონების რაოდენობა: $n = |q| / e = (3,36 \cdot 10^{-17}) / (1,6 \cdot 10^{-19}) = 210$.

83.34

5

1.

	ბურთულების მუხტები შენებამდე:	მუხტების მოდული შეხების შემდეგ:
ა	ერთნაირნიშნაა;	ერთის მოდული გაიზრდება, მეორის შემცირდება.
ბ	სხვადასხვანიშნაა;	ცალსახად არ განისაზღვრება.
გ	ერთნაირია მოდულით და ნიშნით;	არ შეიცვლება.
დ	მოდულით ტოლია და ნიშნით საპირისპირო.	0-ის ტოლი გახდება. ბურთულები განეიტრალებიან.

2.

პას.: ორივე ბურთულის საწყისი ჯამური მუხტი ტოლია $2q + (-5q) = -3q$. ბურთულები მიიზიდება, რადგან ისინი სხვადასხვანიშნაა. შეხების შემდეგ ჯამური მუხტი ორივეზე ერთნაირად გადანაწილდება (რადგან ორივე ბურთულა ერთნაირია). თითოეული ბურთულის მუხტი შეხებისა და გაცალკეების შემდეგ $(-1,5q)$ -ის ტოლი გახდება და ბურთულები განიზიდება (მათი მუხტები ერთნაირნიშნაა).

1.5 კულონის კანონი

83.35

1

დაფიქრდი:

რა საჭირო იყო კულონის ცდაში B ბურთულა?

პას.: B ბურთულა A ბურთულის საპირწონეა: გამოიყენებოდა მინის ღეროს გასაწონასწოებლად.

როგორ შეიცვლებოდა ექსპერიმენტის შედეგი, თუ კულონი A და C ბურთულებს სხვადასხვანიშნა მუხტს მიანიჭებდა? როგორ აისახებოდა ეს ცვლილება კულონის დასკვნაზე?

პას.: თუ კულონი A და C ბურთულებს სხვადასხვანიშნა მუხტს მიანიჭებდა, ბურთულები განიზიდვის ნაცვლად, ერთმანეთს მიიზიდებოდა, რაც ექსპერიმენტის შედეგს არ შეცვლიდა.

83.36

2

დაფიქრდი:

შეიძლება თუ არა, რომ წერტილოვნად ჩაითვალოს მუხტი, რომელიც გადანაწილებულია იმ სფეროს ზედაპირზე, რომლის დიამეტრი 1მ-ია, ხოლო მანძილი, რომლითაც სფერო მეორე ისეთივე დამუხტული სფეროსგანაა დაშორებული, არის: ა) 1მ; ბ) 1კმ.

პას.: ა) არ შეიძლება; ბ) შეიძლება.

83.37

3

1. გამოთვალე:

ა) ორ დამუხტულ სხეულს შორის ურთიერთქმედების კულონური ძალის მოდული, თუ თითოეული მუხტის აბსოლუტური სიდიდე 1 კ-ის ტოლია, ხოლო მათ შორის მანძილი 1 კმ-ია;

პას.: $F = kq^2/r^2 = (9 \cdot 10^9 \cdot 1^2) / 1000^2 = 9000$ (6).

ბ) ძალის მოდული, რომლითაც დედამიწა ზედაპირის მახლობლად მოთავსებულ 1 ტ მასის სხეულს იზიდავს.

პას.: $F = mg \approx 9800$ (6).

2. შეადარე ერთმანეთს შენ მიერ გამოთვლილი ძალების მოდულები. შეეცადე, წარმოიდგინო, რამდენად დიდია იმ კულონური ძალის მოდული, რომლითაც 1 კმ-ით დაშორებული ორი, 1 კ-ის ტოლი, მუხტი ურთიერთქმედებს და შეაფასე: შენი აზრით, რამდენად დიდი მუხტია 1 კულონი მუხტი?

პას.: 1 კულონი ძალიან დიდი მუხტია. ორი, 1 კ-ის ტოლი, მუხტი 1 კმ მანძილზე დაახლოებით ისეთივე ძალით ურთიერთქმედებს (განიზიდავს ერთმანეთს), როგორითაც დედამიწა იზიდავს 1 ტონა მასის სხეულს. შეუძლებელია, მცირე ზომის სხეულს გადავცეთ 1 კ მუხტი (ეს $6,25 \cdot 10^{18}$ ცალი პროტონის ან ელექტრონის მუხტია): ერთმანეთის განზიდვის გამო დამუხტული ნაწილაკები სხეულზე ვერ გაჩერდება. ბუნებაში არ არსებობს ძალა, რომელსაც ასეთ შემთხვევაში შეუძლია კულონური განზიდვის განონასწორება. თუმცა 1 კ მუხტის ამოძრავება გამტარში სიძნელეს არ წარმოადგენს: 100 ვტ სიმძლავრის ნათურაში 100 ვ ძაბვის დროს გადის დენი, რომელიც 1 ამპერის ტოლია. ამ დროს გამტარის განივკვეთში 1 წმ-ში 1 კულონი მუხტი გადის.

83.38

4

დაფიქრდი:

რა მსგავსება და განსხვავებაა ნიუტონის მსოფლიო მიზიდულობის კანონსა და კულონის კანონს შორის?

მსგავსება და განსხვავება მსოფლიო მიზიდულობის კანონსა და კულონის კანონს შორის

მსგავსება მსოფლიო მიზიდულობის კანონსა და კულონის კანონს შორის	
მსოფლიო მიზიდულობის კანონი	კულონის კანონი
შექმნილია ნივთიერი წერტილებისთვის: მანძილი სხეულებს შორის გაცილებით აღემატება მათ ზომებს	შექმნილია წერტილოვანი მუხტებისთვის: მანძილი მუხტებს შორის გაცილებით მეტია მათ ზომებზე (ბურთულების შემთხვევაში, მათ რადიუსზე)
მასა (იგივე გრავიტაციული მუხტი) სკალარული ფიზიკური სიდიდეა , რომელიც განსაზღვრავს გრავიტაციული ურთიერთქმედების ძალას და დამუხტულ სხეულებს შორის ურთიერთქმედების ძალის მოდულს მათ შორის მანძილთან აკავშირებს.	ელექტრული მუხტი სკალარული ფიზიკური სიდიდეა , რომელიც განსაზღვრავს ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების ძალას და დამუხტულ სხეულებს შორის ურთიერთქმედების ძალის მოდულს მათ შორის მანძილთან აკავშირებს.
გრავიტაციული ძალის მოდული: ა) პირდაპირპროპორციულია ურთიერთმოქმედ სხეულთა მასების ნამრავლისა; ბ) უკუპროპორციულია სხეულთა ცენტრებს შორის მანძილის კვადრატისა.	კულონის ძალის მოდული: ა) პირდაპირპროპორციულია ურთიერთმოქმედი მუხტების მოდულთა ნამრავლისა; ბ) უკუპროპორციულია მუხტებს შორის მანძილის კვადრატისა.
გრავიტაციული ურთიერთქმედება ნიუტონის III კანონს ემორჩილება: სხეულები ერთმანეთზე მოქმედებს მოდულით ტოლი და საწინააღმდეგოდ მიმართული ძალებით.	კულონური ურთიერთქმედება ნიუტონის III კანონს ემორჩილება: მუხტები ერთმანეთზე მოქმედებს მოდულით ტოლი და საწინააღმდეგოდ მიმართული ძალებით.
გრავიტაციული ძალა ცენტრული ძალაა: სხეულების ცენტრების შემაერთებული წრფის გასწვრივაა მიმართული.	კულონური ძალა ცენტრული ძალაა: მუხტების (მათი ცენტრების) შემაერთებული წრფის გასწვრივაა მიმართული და ძალის მიმართულება იმის მიხედვით განისაზღვრება, მუხტები ერთნაირნიშნისა თუ სხვადასხვანიშნისა.
G გრავიტაციული მუდმივა - პროპორციულობის კოეფიციენტია ნიუტონის მსოფლიო მიზიდულობის კანონში. G რიცხობრივად გვიჩვენებს იმ გრავიტაციული ძალის მოდულს, რომლითაც 1 კგ მასის ორი სხეული ურთიერთმიზიდება მაშინ, როცა მათ მასათა ცენტრებს შორის მანძილი 1 მ-ია.	k - პროპორციულობის კოეფიციენტია კულონის კანონში. k რიცხობრივად გვიჩვენებს იმ კულონური ძალის მოდულს, რომლითაც 1 კ მუხტები ურთიერთქმედებს მაშინ, როცა მათ ცენტრებს შორის მანძილი 1 მ-ია.
გრავიტაციული ურთიერთქმედებისთვის გარემოს მნიშვნელობა არ აქვს . გრავიტაციული ურთიერთქმედებისგან ეკრანირება (მისი ზემოქმედებისგან დაცვა) შეუძლებელია.	კულონური ურთიერთქმედებისთვის გარემოს მნიშვნელობა აქვს: გარემოში (ჰაერში, წყალში, ზეთში და ა.შ.) კულონური ძალა მცირდება ვაკუუმთან შედარებით. ელექტრული ზემოქმედებისგან ეკრანირება შესაძლებელია (მაგ., ფარადეის გალიის დახმარებით, თუმცა ამ საკითხს მოსწავლეები შედარებით გვიან გაეცნობიან).

შენიშვნა: გრავიტაციული და კულონური ძალა, ორივე კონსერვატული ძალაა. მათ მიერ შესრულებული მუშაობა არ არის დამოკიდებული სხეულის (მუხტის) ტრაექტორიაზე. დამოკიდებულია სხეულის (მუხტის) საწყის და საბოლოო მდებარეობაზე ნულოვანი დონის მიმართ.

განსხვავება მსოფლიო მიზიდულობის კანონსა და კულონის კანონს შორის	
მსოფლიო მიზიდულობის კანონი	კულონის კანონი
მასა (გრავიტაციული მუხტი) ყოველთვის დადებითი სიდიდეა.	მუხტი ორგვარია: დადებითი და უარყოფითი.
გრავიტაციული ურთიერთქმედება მიზიდვის სახით ვლინდება.	იმის გამო, რომ მუხტი ორგვარია, კულონური ურთიერთქმედება ვლინდება როგორც მიზიდვის, ისე განზიდვის სახით.
გრავიტაციული ურთიერთქმედებისთვის გარემოს მნიშვნელობა არ აქვს. გრავიტაციული ურთიერთქმედებისგან ეკრანირება (მისი ზემოქმედებისგან დაცვა) შეუძლებელია.	კულონური ურთიერთქმედებისთვის გარემოს მნიშვნელობა აქვს: გარემოში (ჰაერში, წყალში, ზეთში და ა.შ.) კულონური ძალა მცირდება ვაკუუმთან შედარებით. ელექტრული ზემოქმედებისგან ეკრანირება შესაძლებელია (მაგ., ფარადეის გალიის დახმარებით, თუმცა ამ საკითხს მოსწავლეები შედარებით გვიან გაეცნობიან).
იმის გამო, რომ გრავიტაციული მუდმივას რიცხვითი მნიშვნელობა გაცილებით მცირეა, ვიდრე k -სი კულონის კანონში, გრავიტაციული ძალა გაცილებით სუსტი ძალაა, ვიდრე კულონური.	მუხტებს შორის მსოფლიო მიზიდულობის ძალა მოდულით გაცილებით სუსტია, ვიდრე კულონური ძალა. მაგ., ელექტრონისა და პროტონს შორის კულონური ურთიერთქმედების ძალა მოდულით $\approx 2,27 \cdot 10^{39}$ -ჯერ აღემატება მათ შორის გრავიტაციული ურთიერთქმედების ძალას.

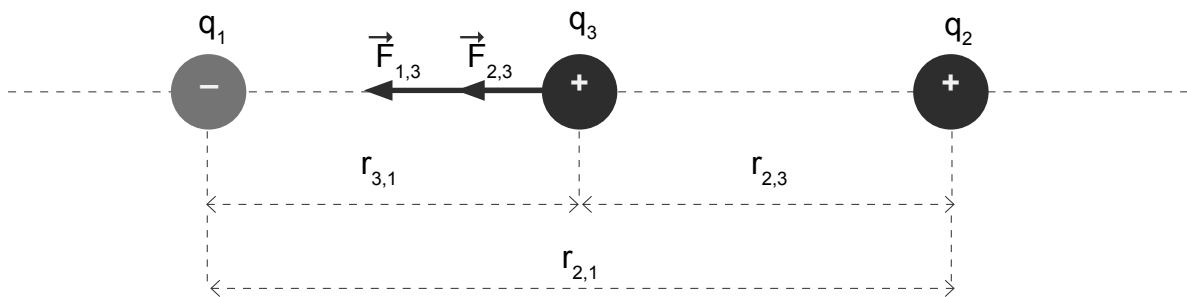
1.6 ფიზიკა ამოცანებში: კულონის კანონი

33.40

1	ბურთულების მუხტები შეხებამდე	ურთიერთქმედების ძალის მოდული შეხების შემდეგ:
ა	ერთნაირნიშნისა, ერთი მუხტის მოდული α -ჯერ მეტია მეორისაზე.	გაიზრდება.
ბ	სხვადასხვანიშნისა და ერთი მუხტის მოდული α -ჯერ მეტია მეორისაზე.	ცალსახად არ განისაზღვრება.
გ	ერთნაირია მოდულით და ნიშნით.	არ შეიცვლება.
დ	მოდულით ტოლია და ნიშნით საპირისპირო.	0-ის ტოლი გახდება. ბურთულები განეიტრალდება.

83.42

გამოსახე q_3 მუხტზე (იხ. მე-2 ამოცანა) დანარჩენი მუხტების მხრიდან მოქმედი ძალები ნახაზზე. განსაზღვრე ამ ძალთა ტოლქმედი.



დააკვირდი ნახაზს: q_3 მუხტზე მოქმედებს:

q_2 მუხტის მხრიდან განზიდვის $\vec{F}_{2,3}$ ძალა; q_1 მუხტის მხრიდან მიზიდვის $\vec{F}_{1,3}$ ძალა. ძალთა სუპერპოზიციის პრინციპიდან გამომდინარე, q_3 მუხტზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ძალა

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{2,3} + \vec{F}_{1,3}$$

$\vec{F}_{2,3}$ და $\vec{F}_{1,3}$ ერთი წრფის გასწვრივ ერთ მხარეს მიმართული ძალებია, ამიტომ მათი ტოლქმედის მიმართულება ემთხვევა $\vec{F}_{2,3}$ და $\vec{F}_{1,3}$ ძალების მიმართულებას, ხოლო მოდული

$$F_3 = F_{2,3} + F_{1,3} = k |q_2| |q_3| / r_{2,3}^2 + k |q_3| |q_1| / r_{3,1}^2 = 3,24 \text{ მკნ}$$

თავი II. ელექტრული ველი

2.2. ელექტრული ველის კალნირება

83.73

1

რა მოხდებოდა იმ შემთხვევაში, თუ ძალწირები ერთმანეთს გადაკვეთდა? შესაძლებელი იქნებოდა თუ არა ასეთ შემთხვევაში დაძაბულობის ვექტორის მიმართულების ცალსახად განსაზღვრა?

პას.: იმ შემთხვევაში, თუ ძალწირები ერთმანეთს გადაკვეთდა, დაძაბულობის ვექტორის მიმართულების **ცალსახად განსაზღვრა** შეუძლებელი იქნებოდა. ასეთ შემთხვევაში დაძაბულობის ვექტორი ურთიერთგადამკვეთი ძალწირებიდან თითოეულის მხების გასწვრივ შეიძლება იყოს მიმართული.

83.75

2

2. ნაწვეტებული ფორმის დამუხტული სხეულის გარშემო (სურ.15) ველი განსაკუთრებით ძლიერია სხეულის ნაწვეტებულ ნაწილთან, იქ, სადაც სიმრუდის რადიუსი მცირეა.

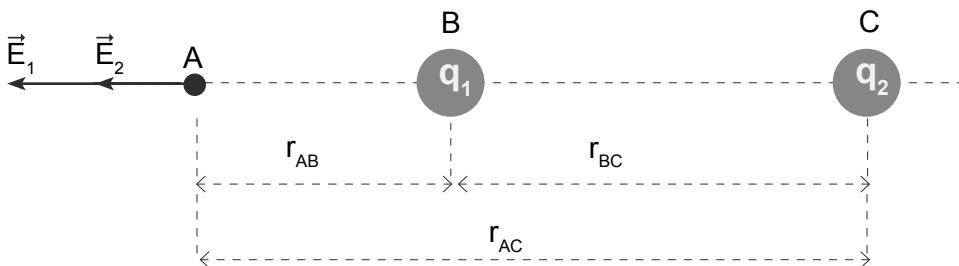
2.3. ფიზიკა ამოცანებში: ველის სუპერპოზიციის პრინციპი

83.77

1

განიხილე A წერტილის მდებარეობის სხვა შემთხვევაც 1-ლ ამოცანაში და გამოთვალე E_A .

პას.: ამოცანის პირობიდან გამომდინარე, შესაძლებელია A წერტილი B და C წერტილების შემაერთებელ წრფეზე, B წერტილის მარცხნივ მდებარეობდეს.



ამ შემთხვევაში $\vec{E}_1$ და $\vec{E}_2$ დაძაბულობების ვექტორები ერთი წრფის გასწვრივ, ერთ მხარესაა მიმართული, ამიტომ:

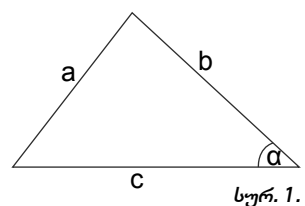
$$E_A = E_1 + E_2 = k |q_1| / r_{AB}^2 + k |q_2| / r_{AC}^2 = 1,125 \cdot 10^3 \text{ ნ/კ};$$

$\vec{E}_A$ ვექტორი იმავე მიმართულებისაა, რა მიმართულებისაა $\vec{E}_1$ და $\vec{E}_2$ ვექტორები.

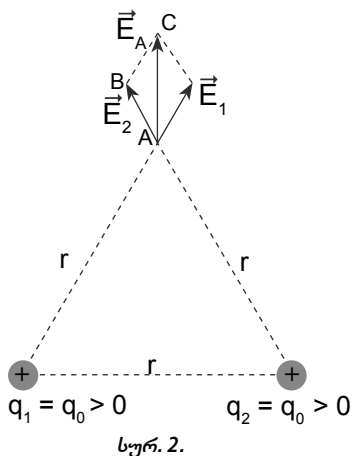
83.78

2

ამოხსენი მე-2 ამოცანა იმ შემთხვევისთვის, როცა $q_1 = q_2 = +q$ ამოცანის ამოხსნისას კოსინუსების თეორემა დაგჭირდება (სურ. 1). მისი დახმარებით $\vec{E}_A$ ვექტორის მოდულის პოვნას შეძლებ, რომლის თანახმადაც $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$.



სურ. 1.



პას.: დააკვირდი მე-2 სურათზე გამოსახულ ნახაზს: $\vec{E}_A$ ვექტორი $\vec{E}_1$ და $\vec{E}_2$ ვექტორების გეომეტრიული ჯამია. $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$ და $\vec{E}_A$ ვექტორებით შექმნილ $\triangle ABC$ სამკუთხედში $\vec{E}_A$ ვექტორის მოდული AC გვერდის სიგრძის ტოლია, $\angle ABC = 120^\circ$, ამიტომ კოსინუსების თეორემის თანახმად:

$$AC^2 = E^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2 E_1 E_2 \cos 120^\circ = 3 E_1^2$$

$$E_A = \sqrt{3} E_1 = \sqrt{3} k |q_0| / r^2$$

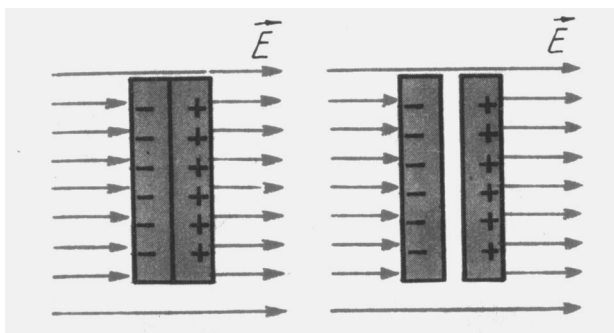
შენიშვნა: ამ ამოცანის ამოხსნა, ცხადია, სხვა ხერხითაც შეიძლება. მაგ., პითაგორას თეორემის გამოყენებით.

2.4. გამტარები ელექტროსტატიკურ ველში

33.83

1

როგორ ფიქრობ, რა მოხდება, თუ ამ დროს გამტარს შუაზე გავჭრით?

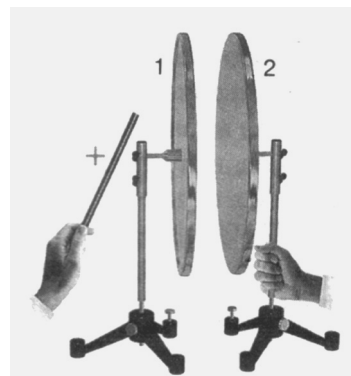
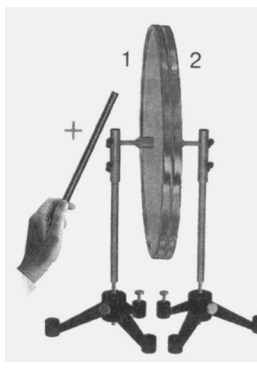
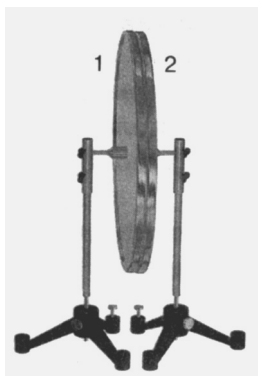


სურ. 1

პასუხი: გამტარის ერთი ნაწილი დადებითად დამუხტული აღმოჩნდება, მეორე კი – უარყოფითად (სურ. 1).

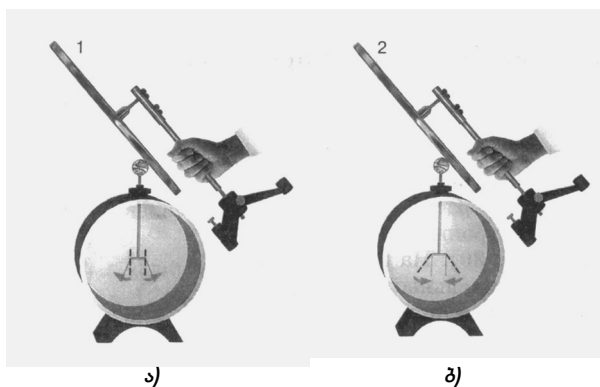
შენიშვნა: ამ კითხვაზე პასუხის გაცემა, ერთი შეხედვით, ადვილი უნდა იყოს, რადგან თითქოს კითხვაშივეა პასუხი, მაგრამ მოსწავლეებს ისეთი მოვლენებისადმი, რომელსაც თვალთ ვერ ხედავენ, ყოველთვის აქვთ „უნდობლობა“, ამიტომ ამ მოვლენის სადემონსტრაციოდ შესთავაზეთ ასეთი ცდის ჩატარება:

კონდენსატორების ფირფიტები (შემონაფენები), რომლებსააც იზოლატორის სადგამები აქვს, ერთმანეთს მჭიდროდ მიადგით (სურ. 2, ა). ერთ-ერთ ფირფიტას დამუხტული ჯოხი მიუახლოვეთ (სურ. 2, ბ). ფირფიტები ერთმანეთს დააშორეთ, ოღონდ ისე, რომ დამუხტული ჯოხის პოზიცია შენარჩუნდეს (სურ. 2, გ).



სურ. 2

შეახეთ ელექტროსკოპის ღეროს (სფეროს) ჯერ კონდენსატორის ერთი ფირფიტა (სურ. 3, ა) (შედეგი: ელექტროსკოპის ისარი გადაიხრება), ხოლო შემდეგ იმავე ელექტროსკოპის ღეროს შეახეთ მეორე ფირფიტა (სურ. 3, ბ) (შედეგი: ისარი პირვანდელ მდგომარეობას დაუბრუნდება).

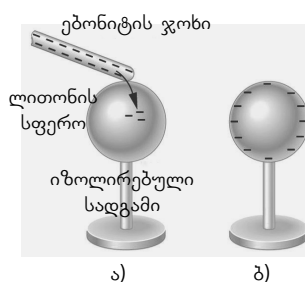


სურ. 3

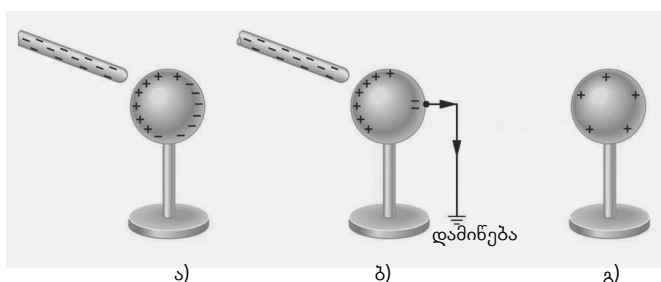
83.84

2

სხეულთა დაელექტროება შესაძლებელია **შეხებით** და **გავლენით**. მე-6 და მე-7 სურათებზე სხეულთა ორივე გზით დაელექტროების სქემაა გამოსახული. ახსენი თითოეულ შემთხვევაში დაელექტროების მექანიზმი.



სურ.6. დამუხტვა შეხებით



სურ.7. დამუხტვა გავლენით

პას.:

შეხებით დამუხტვისას (სურ.6): უარყოფითად დამუხტული ღეროდან ჭარბი ელექტრონები ნეიტრალური გამტარი სფეროსკენ გადანაცვლდება. შედეგად, ნეიტრალურ სფეროზე გაჩნდება ჭარბი უარყოფითი მუხტი და სფეროც უარყოფითად დაიმუხტება.

გავლენით დამუხტვისას (სურ.7):

1. სანამ ნეიტრალურ გამტარ სფეროს დამუხტულ ჯოხს მიუახლოვებთ, სფეროს ნებისმიერ ნაწილში დადებითი და უარყოფითი მუხტები განონასწორებულია.
2. თუ ნეიტრალურ გამტარ (ლითონის) სფეროს ლითონის უარყოფითად დამუხტულ ჯოხს მიუახლოვებთ, ლითონის სფეროს თავისუფალი ელექტრონები ჯოხისგან განიზიდება და სფეროს მარჯვენა ნახევარში გადაადგილდება. სფეროს ის მხარე (მარცხენა), რომელიც ჯოხთან ახლოსაა, **დადებითად** დაიმუხტება, სფეროს მეორე, საპირისპირო მხარე კი – **უარყოფითად** (სურ. 7,ა);
3. სფეროს მარჯვენა მხარის დამინებისას (ან მასზე თითის შეხებისას) ამ ადგილას დაგროვილი ჭარბი ელექტრონები მიწაზე (თითზე) გადავა (დამუხტული ჯოხის პოზიციას ვინარჩუნებთ) (სურ. 7,ბ).;
4. თუ დამუხტულ ჯოხს გამტარ სფეროს მოვაშორებთ, სფერო მთლიანობაში დადებითად დამუხტული აღმოჩნდება (სურ. 7,გ).

83.84

ცდა II

ცდის შედეგები:

2. ელექტროსკოპის ისარი გადაიხრება, რაც მიანიშნებს სფეროს გარე ზედაპირზე მუხტის არსებობას;
3. ელექტროსკოპის ისარი არ გადაიხრება, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ სფეროს შიდა ზედაპირზე მუხტი არ არის.

2.5. დიელექტრიკები ელექტროსტატიკურ ველში

83.89

1

პას.: ქაღალდის ნეიტრალური ნაკუნები (წყლის ჭავლი) პოლარიზდება დაელექტროებული სხეულის (სავარცხლის, სახაზავის, წკირის) ელექტრულ ველში: ქაღალდის (წყლის) დეფორმირებული მოლეკულები ისე განლაგდება, რომ ნაკუნების (წყლის ნაკადის) იმ მხარეს, რომელიც უფრო ახლოსაა დამუხტულ სხეულთან, გაჩნდება სხეულის საპირისპირო მუხტი, რის გამოც დამუხტული სხეული ქაღალდის ნაკუნებს (წყლის ჭავლს) მიიზიდავს.

83.90

? - წყლის დიელექტრიკული შეღწევადობა 20°C -ზე $\epsilon = 81$, ხოლო ჰაერის $\epsilon = 1,0006$. დაფიქრდი, რას გიჩვენებს ეს რიცხვები?

პას.: 20°C -ზე წყლის $\epsilon = 81$, ხოლო ჰაერის $\epsilon = 1,0006$, ე.ი. ელექტრული ველის E დაძაბულობა 20°C -ზე წყალში 81-ჯერ ნაკლებია ველის E_0 დაძაბულობაზე ვაკუუმში, ხოლო ჰაერში 1,0006-ჯერ ნაკლებია ვაკუუმთან შედარებით.

2.6. ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა

83.92

1

1. წარმოიდგინე უსასრულო ცარიელი სივრცე (სურ. 1 ა), რომელშიც არც ერთი სხეული არ არის! ეთქვათ, ასეთ სივრცეში მოვათავსეთ სხეული.

ა) იმოქმედებს თუ არა სხეულზე რაიმე ძალა?

პას.: თუ წარმოვიდგენთ ც ა რ ე ლ უსასრულო სივრცეს, რომელშიც არც ერთი სხეული არ არის, მაშინ ასეთ სივრცეში მოთავსებული სხეული არ ურთიერთქმედებს არც ერთ სხეულთან და, შესაბამისად, მასზე ძალა არ მოქმედებს.

ბ) იმოქმედებს თუ არა სხეულზე ძალა, თუ ცარიელ სივრცეში დედამიწას „შევიტანთ“ და სხეული დედამიწის გრავიტაციულ ველში აღმოჩნდება (სურ. 1 ბ)?

პას.: სხეულზე იმოქმედებს სიმძიმის ძალა, ანუ დედამიწის მიზიდულობის ძალა და სხეული დედამიწაზე ვარდნას დაიწყებს.

გ) გაიხსენე: როგორი ენერგია აქვს დედამიწის გრავიტაციულ ველში მოთავსებულ სხეულს დედამიწასთან ურთიერთქმედების შედეგად?

პას.: პოტენციური ენერგია.

2. ახლა წარმოიდგინე, რომ უსასრულო ცარიელ სივრცეში მოვათავსეთ საცდელი q მუხტი (სურ. 1 გ).

ა) იმოქმედებს თუ არა q მუხტზე რაიმე ძალა?

პას.: უსასრულო ცარიელ სივრცეში მოთავსებულ q მუხტზე ძალა არ იმოქმედებს.

ბ) რა შეიცვლება, თუ ცარიელ სივრცეში q_0 მუხტს შევიტანთ და საცდელი q მუხტი მის მიერ შექმნილ ელექტრულ ველში აღმოჩნდება?

პას.: თუ ცარიელ სივრცეში q_0 მუხტს შევიტანთ და მის მიერ შექმნილ ელექტრულ ველში აღმოჩნდება საცდელი q მუხტი, ველის მხრიდან საცდელ q მუხტზე იმოქმედებს ელექტრული ძალა. ამ ძალის მოქმედებით q მუხტი გადაადგილდება, ანუ **ელექტრული ველი შეასრულებს მუშაობას.**

გ) გამოთქვი ვარაუდი, რა სახის ენერგია შეიძლება ჰქონდეს ელექტრულ ველში მოთავსებულ საცდელ q მუხტს q_0 მუხტთან ურთიერთქმედების შედეგად? როგორ ფიქრობ, აქვს თუ არა q_0 მუხტის ელექტრულ ველს მუშაობის შესრულების უნარი? რატომ?

პას.: როგორც მექანიკიდან ვიცით, გრავიტაციული ძალებით ურთიერთმოქმედ სხეულებს პოტენციური ენერგია აქვს. კულონის კანონს, რომელიც დამუხტული სხეულების ურთიერთქმედებას აღწერს, ისეთივე მათემატიკური ფორმა აქვს, როგორიც მსოფლიო მიზიდულობის კანონს. თუ ამ ორ კანონს შორის არსებულ მსგავსებას გავითვალისწინებთ, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ **დამუხტულ სხეულთა სისტემასაც აქვს პოტენციური ენერგია.**

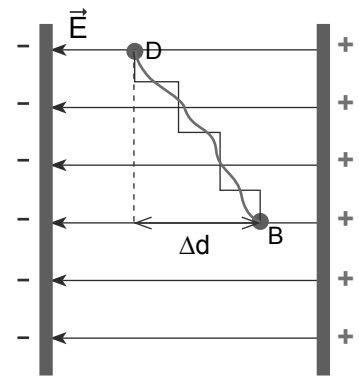
რაც იმას ნიშნავს, რომ დამუხტულ სხეულებს აქვს უნარი, შეასრულოს მუშაობა. მაგ., ასეთი მუშაობა სრულდება ელექტროსკოპის დამუხტული ფირფიტების ურთიერთგანზიდვისას.

83.94

პოტენციური ველი

შეიძლება დამტკიცდეს, რომ **ერთგვაროვანი ელექტროსტატიკური ველის მუშაობა, რომელსაც ველი ორ წერტილს შორის მუხტის გადაადგილებაზე ასრულებს, მუხტის ტრაექტორიის ფორმაზე დამოკიდებული არ არის** იმ შემთხვევაშიც, თუ q მუხტი B წერტილიდან D წერტილში გადაადგილებისას **ნებისმიერ** (არა მარტო წრფივ!) **ტრაექტორიაზე** მოძრაობს. ვთქვათ, q მუხტის ტრაექტორია მე-5 სურათზე გამოსახული მწვანე ფერის წირია.

მინიშნება: წარმოიდგინე, რომ მთელი ტრაექტორია ერთმანეთის მომდევნო ისეთ მცირე უბნებადაა დაყოფილი, რომ თითოეული უბანი თითქმის არ განსხვავდება წრფის მონაკვეთისგან. დამტკიცების მომდევნო ეტაპები ზუსტად იგივეა, რაც მე-7 ფორმულის გამოსაყვანად გავიარეთ.



83.96

3

1-2.

პას.:

თუ ველი ასრულებს დადებით მუშაობას, მაშინ დადებითი საცდელი მუხტის პოტენციური ენერგია შემცირდება:

$A = -\Delta W_{\text{э}} > 0$, ე.ი. $\Delta W_{\text{э}} < 0$, ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად კი კინეტიკური ენერგია გაიზრდება. მუხტის მოძრაობა ვარდნილი ქვის მოძრაობის მსგავსია.

თუ ველი ასრულებს უარყოფით მუშაობას, მაშინ დადებითი საცდელი მუხტის პოტენციური ენერგია გაიზრდება:

$A = -\Delta W_{\text{э}} < 0$ ე.ი. $\Delta W_{\text{э}} > 0$, ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად კი კინეტიკური ენერგია შემცირდება. მაგ., დადებითად დამუხტული ნაწილაკები დაძაბულობის საპირისპირო მიმართულებით მოძრაობისას მუხრუჭდება. დადებითი საცდელი მუხტის მოძრაობა ასეთ შემთხვევაში ზემოთ ასროლილი ქვის მოძრაობის მსგავსია.

3. გადაიხაზე სამუშაო რვეულში ქვემოთ მოცემული ცხრილები და შეაყსე:

ცხრილი I

თუ სხეული მოძრაობს გრავიტაციულ ველში $\vec{g}$ დაძაბულობის	დადებითია თუ უარყოფითი ველის მიერ შესრულებული მუშაობა?	იზრდება თუ მცირდება სხეულის პოტენციური ენერგია?	იზრდება თუ მცირდება მუხტის კინეტიკური ენერგია?
1. მიმართულებით (ვერტიკალურად ქვევით თავისუფლად ვარდება);	$A > 0$	მცირდება	იზრდება
2. საპირისპირო მიმართულებით (ვერტიკალურად ზევითაა ასროლილი)	$A < 0$	იზრდება	მცირდება

შენიშვნა: ჩათვალე, რომ სხეულზე მხოლოდ სიმძიმის ძალა მოქმედებს.

ცხრილი II

თუ დადებითი საცდელი მუხტი მოძრაობს ელექტრულ ველში $\vec{E}$ დაძაბულობის	დადებითია თუ უარყოფითი ველის მიერ შესრულებული მუშაობა?	იზრდება თუ მცირდება მუხტის პოტენციური ენერგია?	იზრდება თუ მცირდება მუხტის კინეტიკური ენერგია?
1. მიმართულებით	$A > 0$	მცირდება	იზრდება
2. საპირისპირო მიმართულებით	$A < 0$	იზრდება	მცირდება

შენიშვნა: ჩათვალე, რომ მუხტზე მხოლოდ ელექტრული ძალა მოქმედებს

2.7. ელექტროსტატიკური ველის პოტენციალი

83.99

2

დაფიქრდი:

1. საითაა მიმართული დედამიწის გრავიტაციული ველის დაძაბულობის ვექტორი (სურ.4): პოტენციალის ზრდისა თუ შემცირების (ვარდნის) მხარეს?

პას.: დედამიწის გრავიტაციული ველის $\vec{g}$ დაძაბულობის ვექტორი მიმართულია ვერტიკალურად ქვევით, პოტენციალის შემცირების მხარეს;

2. რის ტოლია დედამიწის ზედაპირზე (ნულოვან დონეზე) გრავიტაციული ველის პოტენციალი? პას.: ნულის.

3. თუ 1-ლ გამოსახულებას გარდაქმნი, მიიღებ, რომ

$$A = mgh_1 - mgh_2 = m(gh_1 - gh_2) \quad (4)$$

როგორ ფიქრობ, შესაძლებელია თუ არა, რომ სხეული თავისით, მხოლოდ გრავიტაციული ველის გავლენით, გადაადგილდეს ერთნაირი პოტენციალის მქონე წერტილებს შორის? რატომ?

პას.: სხეული თავისით, მხოლოდ გრავიტაციული ველის გავლენით, ერთნაირი პოტენციალის მქონე წერტილებს შორის ვერ გადაადგილდება:

$$A = m(gh_1 - gh_2) = m(gh - gh) = 0.$$

83.102

3

პას.: ორ წერტილს შორის ძაბვა დამოკიდებული არ არის წერტილებს შორის გადატანილი მუხტის სიდიდეზე, რადგან ველის მიერ შესრულებული მუშაობა მუხტის სიდიდის პირდაპირპროპორციულია.

83.102

მე-8 სურათზე ელექტრული ველის რამდენიმე წერტილია მონიშნული.

1. იპოვე წერტილები, რომელთა შორისაც დაბვა

ა) $U \neq 0$;

პას.: დაბვა არსებობს A და C, A და B, D და F, D და E წერტილებს შორის.

ბ) $U = 0$;

პას.: დაბვა ნულის ტოლია A და D, B და E, A და D წერტილებს შორის;

გ) მაქსიმალურია.

პას.: დაბვა მაქსიმალურია A და C, D და F წერტილებს შორის.

2.

ა) რომელ ორ წერტილს შორის გადაადგილდება ელექტრული ველის გავლენით დადებითი საცდელი მუხტი?

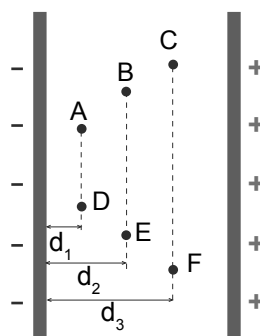
პას.: A და C, A და B, D და F, D და E წერტილებს შორის.

როდის ასრულებს ველი მეტ მუშაობას?

პას.: A და C, D და F წერტილებს შორის;

ბ) გადაადგილებისას შეიძენს დადებითი საცდელი მუხტი მეტ კინეტიკურ ენერგიას?

პას.: A და C, D და F წერტილებს შორის.



83.104

5

გაიხსენე:

რის ტოლია ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა, თუ სხეულის გადაადგილება ძალის მართობულია?

პას.: 0-ის.

პას.: ველის ნებისმიერ წერტილში დაძაბულობის ვექტორის მიმართულება ემთხვევა

ა) დადებით საცდელ მუხტზე მოქმედი ელექტრული ძალის მიმართულებას;

ბ) ველის ძალწირის ნებისმიერ წერტილში მხეხის მიმართულებას.

83.104

6

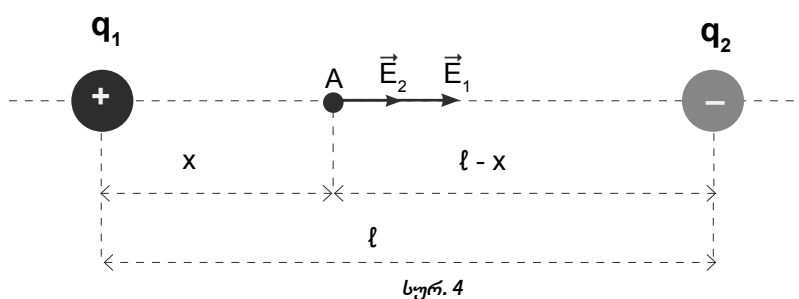
პას.: არასწორი ფორმის დამუხტული გამტარის ელექტროსტატიკური ველი განსაკუთრებით ძლიერია წანვეტებულ ადგილებთან (იქ, სადაც სიმრუდის რადიუსი მცირეა);

პას.: არასწორი ფორმის გამტარის ზედაპირზე მუხტი არათანაბრადაა განაწილებული: წვეტებთან უფრო მეტია მუხტის სიმკვრივე, ვიდრე ჩაღრმავებებში.

83.112

ამოცანა 5.

ამოხსნა.



1. A წერტილში

ა) q_1 მუხტის პოტენციალი გამოითვლება ფორმულით: $\varphi_1 = k q_1 / x$

ბ) q_2 მუხტის პოტენციალი ტოლია $\varphi_2 = k q_2 / (l - x)$

2. სუპერპოზიციის პრინციპიდან გამომდინარე, A წერტილში q_1 და q_2 მუხტების ჯამური ველის პოტენციალი ტოლია $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = [k q_1 / x] + [k q_2 / (l - x)]$

3. ამოცანის პირობის თანახმად

$$[k (q_1 / x)] + [k q_2 / (l - x)] = k [(10^{-9} / x) - (10^{-8} / (0,05 - x))] = 0;$$

საიდანაც $x = 0,05$ (მ).

$$4. E_A = E_1 + E_2 = [k (|q_1| / x^2)] + [k |q_2| / (l - x)^2] \approx 4 \cdot 10^3 \text{ ნ/კ}$$

2.9. კონდენსატორი

83.120

1

პას.: დამუხტული ფირფიტის ველის გავლენით მოხდება დაუმუხტავ, დამინებული ფირფიტაზე მუხტების გადანაწილება: დამინებული ფირფიტიდან მიწაში ისეთივე მუხტი გადავა, როგორიც პირველ ფირფიტაზეა (ერთნაირნიშნის მუხტები განიზიდება). დამინებულ ფირფიტაზე დარჩება მუხტი, რომელიც საპირისპიროა და მოდულით ტოლი იმ მუხტისა, რომელიც პირველ ფირფიტაზეა. იხ. გავლენით დამუხტვის სქემა.

გავლენით დამუხტვა

83.122

ცდები II -IV

ცდა II-ის შედეგი:

შენიშვნა: ელექტრომეტრის ისრის გადახრა ფირფიტებს შორის პოტენციალთა სხვაობას გვიჩვენებს.

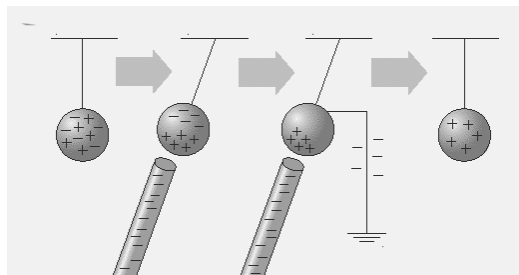
დასკვნა: ფირფიტებს შორის მანძილის გაზრდისას მათ შორის პოტენციალთა სხვაობა იზრდება. თუ კონდენსატორის მუხტი არ შეიცვლება, შემცირდება ელექტროტევადობაც, რადგან $C = q/U$.

ცდა III-ის შედეგი

დასკვნა: ფირფიტების მიერ ერთმანეთის გადაფარვის ფართობის შემცირება გამოიწვევს ფირფიტებს შორის პოტენციალთა სხვაობის გაზრდას. თუ კონდენსატორის მუხტი არ შეიცვლება, შემცირდება ელექტროტევადობაც.

ცდა IV-ის შედეგი

დასკვნა: ფირფიტებს შორის დიელექტრიკის (მაგ., ორგანული მინის ფირფიტის) შეტანით გარემოს დიელექტრიკული შეღწევადობა გაიზრდება, ეს გამოიწვევს ფირფიტებს შორის პოტენციალთა სხვაობის შემცირებას. თუ კონდენსატორის მუხტი არ შეიცვლება, გაიზრდება ელექტროტევადობა, რადგან $C = q/U$.



IX. თავის შემავამებელი სამუშაოები

შენიშვნა: თავის შემავამებელ სამუშაოებს სარეკომენდაციო ხასიათი აქვს

11. რომელია მართებული დებულება:

- ა) ნებისმიერი სხეულის მუხტი ელემენტარულ მუხტზე მეტია ან მისი ტოლია;
- ბ) დამუხტული სხეულის მუხტი ყოველთვის დადებითია;
- გ) დამუხტული სხეულის მუხტი ყოველთვის უარყოფითია;
- დ) ნეიტრალურ სხეულზე ელექტრული მუხტები არ არსებობს.

12. თუ თითოეული მუხტის სიდიდე 1 კ-ია, ხოლო მათ შორის მანძილი – 1 მ, მაშინ მუხტების ურთიერთქმედების კულონური ძალის მოდული ვაკუუმში არის:

- ა) 1 ნ; ბ) $9 \cdot 10^9$ ნ; გ) $9 \cdot 10^9$ ნ; დ) $9 \cdot 10^9$ ნმ²/კ².

13. თუ დამუხტულ სხეულებს შორის მანძილი 3-ჯერ შემცირდა, მაშინ მათ შორის ურთიერთქმედების ძალის სიდიდე

- ა) არ შეიცვლება; ბ) შემცირდება 3-ჯერ;
- გ) გაიზრდება 9-ჯერ; დ) შემცირდება 9-ჯერ.

14. თუ ორი ნერტილოვანი მუხტიდან თითოეულის სიდიდე 3-ჯერ შემცირდა, მაშინ მათი ურთიერთქმედების ძალის მოდული

- ა) არ შეიცვლება; ბ) შემცირდება 3-ჯერ; გ) შემცირდება 9-ჯერ; დ) გაიზრდება 9-ჯერ.

15. თუ ლითონის ორი ბურთულა, რომელთა მუხტებია – 17 ნკ და 3 ნკ, შეახეს ერთმანეთს და კვლავ დააცილეს, მაშინ თითოეული ბურთულის მუხტი, შესაბამისად, იქნება:

- ა) – 17 ნკ და 3 ნკ; ბ) – 14 ნკ და – 14 ნკ;
- გ) – 7 ნკ და – 7 ნკ; დ) – 14 ნკ და 0 ნკ.

16. რამდენი ელექტრონი მიიერთა სხეულმა, თუ მისი მუხტია ($-8 \cdot 10^{-17}$) კ?

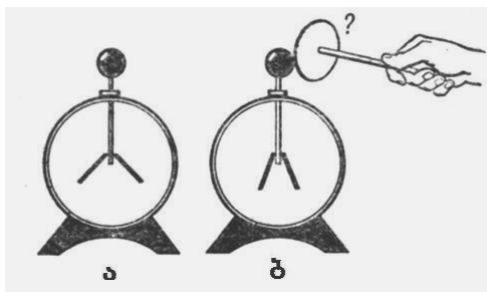
- ა) 5; ბ) 500; გ) 2000; დ) 80 000.

17. ექსპერიმენტების შედეგების კვლევისას ერთმა მოსწავლემ საკვლევი მუხტი მიიღო $9,6 \cdot 10^{-20}$ კ, ხოლო მეორემ – ($4 \cdot 10^{-18}$) კ. სწორია თუ არა მათ მიერ კვლევის შედეგად მიღებული შედეგები? პასუხი დაასაბუთე.

18. განსაზღვრე, რა ძალით ურთიერთქმედებს ვაკუუმში მოთავსებული ორი ნერტილოვანი მუხტი, თუ ცნობილია, რომ $q_1 = 2 \cdot 10^{-8}$ კ ; $q_2 = -4 \cdot 10^{-8}$ კ და მათ შორის მანძილი 6 სმ-ია.

19. ვაკუუმში მოთავსებული ორი ერთნაირი ლითონის ბურთულა დამუხტულია ისე, რომ ერთი მათგანის მუხტის მოდული 5-ჯერ აღემატება მეორისას. ბურთულები ერთმანეთს შეახეს და შემდეგ იმავე მანძილით დააშორეს. განსაზღვრე, როგორ და რამდენჯერ შეიცვალა ბურთულების ურთიერთქმედების ძალის მოდული.

20. დაუმუხტავ ელექტროსკოპს ჯერ შალის ქსოვილზე ხახუნისას დაელექტროებული ებონიტის ღერო შეახეს (ა), ხოლო შემდეგ – ელექტროფორი (ბ). როგორ ფიქრობ, რა ნიშნით იყო ელექტროფორი დამუხტული? პასუხი დაასაბუთე.



II ვარიანტი

1. უარყოფითი მუხტი, რომელიც მიიღება

- ა) ებონიტის ჯოხზე შალის ქსოვილთან ხახუნისას;
- ბ) მინის ჯოხზე აბრეშუმის ქსოვილთან ხახუნისას;
- გ) ატომის მიერ თავისუფალი ელექტრონის მიერთებისას;
- დ) ბირთვის მიერ პროტონის მიერთებისას.

2. ატომი, ჩვეულებრივ, არის

- ა) დადებითად დამუხტული;
- ბ) უარყოფითად დამუხტული;
- გ) ნეიტრალური;
- დ) ხან დადებითადაა დამუხტული, ხან უარყოფითად.

3. დადებითი იონი წარმოიქმნება, როცა

- ა) ატომი მიიერთებს ზედმეტ ელექტრონს;
- ბ) ატომი დაკარგავს ელექტრონს;
- გ) ელექტრონების რიცხვი გაუტოლდება პროტონებისას ატომბირთვში;
- დ) ატომბირთვი მიიერთებს პროტონს.

4. ბირთვში პროტონების რიცხვი ყოველთვის ემთხვევა:

- ა) ატომში ელექტრონების რიცხვს;
- ბ) შესაბამისი ქიმიური ელემენტის ატომურ ნომერს ელემენტთა პერიოდულობის ცხრილში;
- გ) თავისუფალი ელექტრონების რაოდენობას;
- დ) ნეიტრონებისა და ელექტრონების საერთო რაოდენობას.

5. იმ ნაწილაკთა მუხტები, რომლებიც ატომის შემადგენლობაშია, ასეთია:

- ა) პროტონი – დადებითი, ნეიტრონი – უარყოფითი, ელექტრონი – ნეიტრალური;
- ბ) ელექტრონი – დადებითი, ნეიტრონი – უარყოფითი, პროტონი – ნეიტრალური;
- გ) ნეიტრონი – დადებითი, პროტონი – უარყოფითი, ელექტრონი – ნეიტრალური;
- დ) პროტონი – დადებითი, ელექტრონი – უარყოფითი, ნეიტრონი – ნეიტრალური.

6. ელემენტარული მუხტი ეწოდება

- ა) ელექტრონის ან პროტონის მუხტის აბსოლუტურ სიდიდეს;
- ბ) ნეიტრონის ან ატომბირთვის მუხტს;
- გ) ატომის მუხტს;
- დ) წერტილოვან მუხტს.

7. „სხეული დადებითადაა დამუხტული“ ნიშნავს, რომ სხეულზე

- ა) ჭარბი ელექტრონებია;
- ბ) ელექტრონების დანაკლისია;
- გ) ელექტრონებისა და პროტონების რიცხვი ერთნაირია;
- დ) არ არის დადებითად დამუხტული ნაწილაკები.

8. მუხტი ინვარიანტულია, ნიშნავს, რომ

- ა) სისტემის მუხტი სისტემაში შემავალი მუხტების ალგებრული ჯამის ტოლია;
- ბ) ჩაკეტილ სისტემაში შემავალი მუხტების ჯამი არ იცვლება;
- გ) მუხტის სიდიდე ათვლის სისტემაზე დამოკიდებული არ არის;
- დ) ნებისმიერი დამუხტული ნაწილაკის მუხტი ელემენტარული მუხტის ჯერადია.

9. მუხტი დისკრეტულია, ნიშნავს, რომ

- ა) სისტემის მუხტი სისტემაში შემავალი მუხტების ალგებრული ჯამის ტოლია;
- ბ) ჩაკეტილ სისტემაში შემავალი მუხტების ჯამი არ იცვლება;
- გ) მუხტის სიდიდე ათვლის სისტემაზე დამოკიდებული არ არის;
- დ) ნებისმიერი დამუხტული ნაწილაკის მუხტი ელემენტარული მუხტის ჯერადია.

10. ორი სხეულის ერთმანეთზე ხახუნის შედეგად მათი ჯამური მუხტი

- ა) მცირდება; ბ) იზრდება;
გ) არ იცვლება; დ) ზოგჯერ იზრდება, ზოგჯერ მცირდება.

11. რომელია მართებული დებულება:

- ა) ნებისმიერი სხეულის მუხტი ელემენტარულ მუხტზე მეტია ან მისი ტოლია;
ბ) დამუხტული სხეულის მუხტი ყოველთვის დადებითია;
გ) დამუხტული სხეულის მუხტი ყოველთვის უარყოფითია;
დ) ნეიტრალურ სხეულზე ელექტრული მუხტები არ არსებობს.

12. თუ თითოეული მუხტის სიდიდე 1 კ-ია, ხოლო მათ შორის მანძილი – 1 მ, მაშინ მუხტების ურთიერთქმედების კულონური ძალის მოდული ვაკუუმში არის

- ა) 16 ; ბ) $9 \cdot 10^{-9}$ ნ; გ) $9 \cdot 10^9$ ნ; დ) $9 \cdot 10^9$ ნმ²/კ².

13. თუ ლითონის ორი ბურთულა, რომელთა მუხტებია 10 მკკ და –6 მკკ, შეახეს ერთმანეთს და კვლავ დააცილეს, მაშინ თითოეული ბურთულის მუხტი, შესაბამისად, იქნება:

- ა) 10 მკკ და –6 მკკ; ბ) –6 მკკ და 10 მკკ;
გ) 4 მკკ და 0 მკკ; დ) 2 მკკ და 2 მკკ.

14. რამდენი ელექტრონი დაკარგა სხეულმა, თუ მისი მუხტია $6,4 \cdot 10^{-16}$ კ?

- ა) 4; ბ) 200; გ) 4000; დ) 80 000.

15. თუ ნერტილოვან მუხტებს შორის მანძილი 2-ჯერ გაიზრდება, მაშინ მათ შორის ურთიერთქმედების ძალის მოდული

- ა) არ შეიცვლება; ბ) გაიზრდება 2-ჯერ;
გ) შემცირდება 4-ჯერ; დ) გაიზრდება 4-ჯერ.

16. თუ ორი ნერტილოვანი მუხტიდან თითოეულის სიდიდე 2-ჯერ გაიზრდება, მაშინ მათ შორის ურთიერთქმედების ძალის მოდული

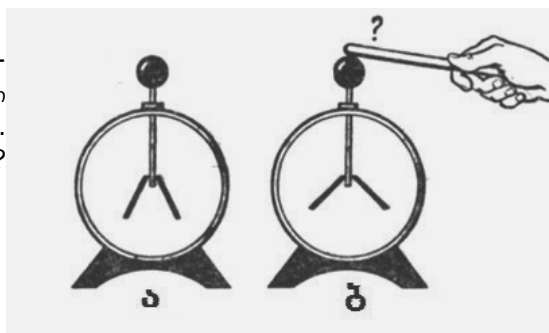
- ა) არ შეიცვლება; ბ) გაიზრდება 2-ჯერ;
გ) შემცირდება 4-ჯერ; დ) გაიზრდება 4-ჯერ.

17. ექსპერიმენტების შედეგების კვლევისას ერთმა მოსწავლემ საკვლევი მუხტი მიიღო $2,4 \cdot 10^{-18}$ კ, მეორემ კი – $8 \cdot 10^{-20}$ კ. სწორია თუ არა მათ მიერ კვლევის შედეგად მიღებული შედეგები? პასუხი დაასაბუთეთ.

18. განსაზღვრე, რა ძალით ურთიერთქმედებს ვაკუუმში მოთავსებული ორი ნერტილოვანი მუხტი, თუ ცნობილია, რომ $q_1 = 9 \cdot 10^{-7}$ კ ; $q_2 = -8 \cdot 10^{-7}$ კ და მათ შორის მანძილი 9 სმ-ია.

19. ვაკუუმში მოთავსებულია ლითონის ორი ერთნაირი ბირთვი, რომელთაგან ერთის მუხტის მოდული 7-ჯერ აღემატება მეორის მუხტს. ბირთვები ერთმანეთს შეახეს და შემდეგ იმავე მანძილით დააშორეს. განსაზღვრე, როგორ და რამდენჯერ შეიცვალა ბურთულების ურთიერთქმედების ძალის მოდული.

20. დაუმუხტავ ელექტროსკოპს ჯერ აბრეშუმის ქსოვილზე ხახუნისას დაელექტროებული მინის ლერო შეახეს (ა), ხოლო შემდეგ – დამუხტული ჯოხი (ბ). როგორ ფიქრობ, რა ნიშნით იყო ჯოხი დამუხტული? პასუხი დაასაბუთე.



№ 1 შამაჯამეპალი ტასტი თამაზა: ელექტრული მუხტის თვისებები. კულონის კანონი პასუხები.

I ვარიანტი

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
დ	ბ	ა	ა	დ	ბ	გ	ა	ა	გ	ა	გ	გ	გ	გ	ბ

17. პირველის შედეგი მცდარია, მეორისა კი – სწორი.

18. $F = 0,002$ ნ.

19. ურთიერთქმედების ძალის მოდული

ა) გაიზრდება $9/5$ -ჯერ, თუ მუხტები ერთნაირნიშნადაა;

ბ) შემცირდება $5/4$ -ჯერ, თუ მუხტები სხვადასხვანიშნადაა;

20. ებონიტის ღეროს შეხების შემდეგ ელექტროსკოპი დაიმუხტა უარყოფითად.

ელექტროფორის შეხების შემდეგ ელექტროსკოპის ფირფიტებს შორის კუთხე შემცირდა. ე. ი.

ელექტროფორი დადებითად იყო დამუხტული.

II ვარიანტი

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ა	გ	ბ	ბ	დ	ა	ბ	გ	დ	გ	ა	გ	დ	გ	გ	დ

17. პირველის შედეგი სწორია, მეორისა კი – მცდარი.

18. $F = 0,8$ ნ.

19. ურთიერთქმედების ძალის მოდული

ა) გაიზრდება $16/7$ -ჯერ, თუ მუხტები ერთნაირნიშნადაა;

ბ) გაიზრდება $9/7$ -ჯერ, თუ მუხტები სხვადასხვანიშნადაა;

20. მინის ღეროს შეხების შემდეგ, ელექტროსკოპი დაიმუხტა დადებითად. ჯოხის შეხების შემდეგ,

ელექტროსკოპის ფირფიტებს შორის კუთხე გაიზარდა, ე. ი. ჯოხი დადებითად იყო დამუხტული.

№2 შემაჯავებული ტესტი თემაზე: ელექტრული ველის დაძაბულობა. პოტენციალი. ძაბვა

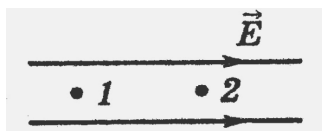
I ვარიანტი

1. ველის ძალწირი არის

- ა) წირი, რომლის გასწვრივაც მოძრაობს ელექტრულ ველში დადებითი მუხტი;
- ბ) წირი, რომლის გასწვრივაც მოძრაობს ელექტრულ ველში უარყოფითი მუხტი;
- გ) უხილავი ძაფისმაგვარი წირები, რომლებითაც რეალურადაა დაქსელილი ელექტრული ველი;
- დ) წარმოსახვითი წირი, რომელსაც ველის გრაფიკულად წარმოდგენისთვის იყენებენ და რომლის თითოეულ წერტილში ველის დაძაბულობის ვექტორი მხების გასწვრივაა მიმართული.

2. 1-ლ სურათზე სივრცის რომელიღაც ნაწილში ელექტრული ველის ძალწირებია გამოსახული. შეადარე ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე 1-ლ და მე-2 წერტილში:

- ა) $E_1 > E_2$;
- ბ) $E_1 < E_2$;
- გ) $E_1 = E_2$;
- დ) შედარება შეუძლებელია.



3. როგორ შეიცვლება წერტილოვანი მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობის მოდული, თუ ველში მოთავსებული საცდელი მუხტის სიდიდეს n -ჯერ გავზრდით?

- ა) არ შეიცვლება; ბ) გაიზრდება n -ჯერ; გ) შემცირდება n -ჯერ; დ) გაიზრდება n^2 -ჯერ.

4. როგორ შეიცვლება წერტილოვანი q_0 მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობის მოდული, თუ q_0 მუხტის სიდიდეს n -ჯერ გავზრდით?

- ა) არ შეიცვლება; ბ) გაიზრდება n -ჯერ; გ) შემცირდება n -ჯერ; დ) გაიზრდება n^2 -ჯერ.

5. როგორ შეიცვლება წერტილოვანი q_0 მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობის მოდული წერტილში, თუ მანძილს ამ წერტილიდან q_0 მუხტამდე n -ჯერ შევამცირებთ?

- ა) არ შეიცვლება; ბ) შემცირდება n^2 -ჯერ;
- გ) შემცირდება n -ჯერ; დ) გაიზრდება n^2 -ჯერ.

6. როგორ შეიცვლება წერტილოვანი q_0 მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობის მოდული წერტილში, თუ მანძილს ამ წერტილიდან q_0 მუხტამდე 2-ჯერ გავზრდით, ხოლო q_0 მუხტის სიდიდეს 4-ჯერ?

- ა) არ შეიცვლება; ბ) შემცირდება 4-ჯერ;
- გ) შემცირდება 16-ჯერ; დ) გაიზრდება 4-ჯერ.

7. მოძებნე მართებული მტკიცება:

- ა) ელექტრული ველის მოცემული წერტილის პოტენციალი სკალარული სიდიდეა, რომელიც გვიჩვენებს ამ წერტილში მოთავსებული ერთეულოვანი მუხტის პოტენციური ენერგიის სიდიდეს;
- ბ) პოტენციალი ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელია;
- გ) დაძაბულობის ერთეულია 1 ნ/კ;
- დ) დაძაბულობა სკალარული სიდიდეა;

სწორი პასუხია: I. ა; II. ა და გ; III. ბ და დ; IV. ბ და გ; V. დ.

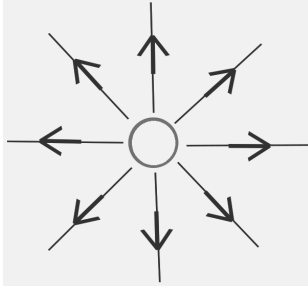
8. ველის ორ წერტილს შორის ერთეულოვანი მუხტის გადატანაზე შესრულებული მუშაობა 220 ჯ-ის ტოლია. ეს იმას ნიშნავს, რომ

- ა) ველის დაძაბულობაა 220 ვ/მ-ია;
- ბ) მოცემული წერტილებიდან თითოეულის პოტენციალი 220 ვ-ია;
- გ) მოცემულ ორ წერტილს შორის ძაბვა 220 ვ-ის ტოლია;
- დ) ერთი წერტილიდან მეორეში ველის გადაადგილებისას მუხტზე 220 ნ ძალა მოქმედებს.

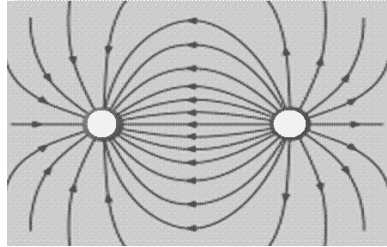
9. ძაბვა ორ წერტილს შორის გამოითვლება ფორმულით:

- ა) $k \frac{q}{r^2}$; ბ) qU ; გ) Eqd ; დ) Ed .

10. სურათებზე (სურ. 2,3) სხვადასხვა მუხტების ელექტრული ველებია გრაფიკულად გამოსახული. დააწერე მუხტებს შესაბამისი ნიშნები.



სურ. 2



სურ. 3

11. ძალა, რომელიც ელექტრულ ველში $0,00002$ კ მუხტზე მოქმედებს, 4 ნ-ის ტოლია. რის ტოლია ველის დაძაბულობის მოდული წერტილში, რომელშიც ეს მუხტია მოთავსებული? (2 ქ).

- ა) $2 \cdot 10^5$ ნ/კ; ბ) $2 \cdot 10^{-5}$ ნ/კ; გ) $8 \cdot 10^{-5}$ ნ/კ; დ) $5 \cdot 10^{-6}$ ნ/კ.

12. გამოთვალე, რის ტოლია მუშაობა, რომელსაც ელექტროსტატიკური ველი ასრულებს 2 კ მუხტის ერთი წერტილიდან მეორეში გადაადგილებისას, თუ პირველი წერტილის პოტენციალი 20 ვ-ია, ხოლო მეორისა -5 ვ. (2 ქ).

- ა) 30 ჯ; ბ) -30 ჯ; გ) $7,5$ ჯ; დ) $-7,5$ ჯ.

13. გამოთვალე პოტენციალთა სხვაობა ერთგვაროვანი ველის იმ ორ წერტილს შორის, რომლებიც დაძაბულობის ერთი ძალწირის გასწვრივ მდებარეობს და ერთმანეთისგან 30 სმ-ითაა დაშორებული. ცნობილია, რომ ელექტრული ველის დაძაბულობა 30 ვ/მ-ია. (3 ქ).

- ა) $0,01$ ვ; ბ) 9 ვ; გ) 100 ვ; დ) 900 ვ.

14. A და B წერტილებში, რომელთა შორის მანძილი 6 სმ-ია, მოთავსებულია -2 ნკ და -4 ნკ წერტილოვანი მუხტები.

განსაზღვრე A და B წერტილებს შუა მოთავსებულ C წერტილში ელექტრული ველის

ა) დაძაბულობის ვექტორის მოდული და მიმართულება;

ბ) პოტენციალი.

15. მოძებნე, რა ერთეული შეესაბამება ცხრილის ვერტიკალურ გრაფაში მოცემულ ფიზიკურ სიდიდეებს და შესაბამის გრაფაში გააკეთე აღნიშვნა:

	ჯოული	კულონი	ვოლტი	ვოლტი/მეტრი
ძაბვა				
დაძაბულობა				
მუხტი				
მუშაობა				

№2 შემაჯამებელი ტესტი თემაზე: ელექტრული ველის დაძაბულობა, პოტენციალი, ძაბვა.

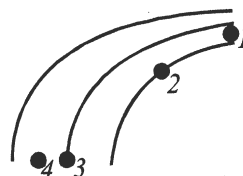
II ვარიანტი

1. ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის მიმართულება იმ ძალის მიმართულებას ემთხვევა, რომელიც მოქმედებს ველში მოთავსებულ

- ა) დადებით საცდელ მუხტზე; ბ) უარყოფით საცდელ მუხტზე;
გ) ლითონის დამუხტულ ბურთულაზე; დ) ნერტილოვან მუხტზე.

2. 1-ლ სურათზე ელექტრული ველის ძალწირებია გამოსახული. რომელ წერტილშია დაძაბულობის სიდიდე მაქსიმალური?

- ა) 1-ლ ნერტილში; ბ) მე-2 ნერტილში;
გ) მე-3 ნერტილში; დ) მე-4 ნერტილში.



სურ. 1

3. როგორ შეიცვლება წერტილოვანი მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე, თუ ველში მოთავსებული საცდელი მუხტის სიდიდეს n -ჯერ შევამცირებთ?

- ა) არ შეიცვლება; ბ) გაიზრდება n -ჯერ;
გ) შემცირდება n -ჯერ; დ) შემცირდება n^2 -ჯერ.

4. როგორ შეიცვლება ნერტილოვანი q_0 მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე, თუ q_0 მუხტის სიდიდეს n -ჯერ შევამცირებთ?

- ა) არ შეიცვლება; ბ) გაიზრდება n -ჯერ;
გ) შემცირდება n -ჯერ; დ) შემცირდება n^2 -ჯერ.

5. როგორ შეიცვლება ნერტილოვანი q_c მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე ნერტილში, თუ მანძილს ამ ნერტილიდან q_c მუხტამდე n -ჯერ გავზრდით?

- ა) არ შეიცვლება; ბ) გაიზრდება n^2 -ჯერ;
გ) შემცირდება n -ჯერ; დ) შემცირდება n^2 -ჯერ.

6. როგორ შეიცვლება ნერტილოვანი q_0 მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე ნერტილში, თუ მანძილს ამ ნერტილიდან q_0 მუხტამდე 3-ჯერ შევამცირებთ, ხოლო q_0 მუხტის სიდიდეს 9-ჯერ?

- ა) შემცირდება 9-ჯერ; ბ) გაიზრდება 36-ჯერ;
გ) გაიზრდება 9-ჯერ; დ) არ შეიცვლება.

7. მოძებნე მართებული მტკიცება:

- ა) ელექტრული ველის მოცემულ წერტილში ველის დაძაბულობა არის ვექტორული სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს ამ წერტილში მოთავსებულ ერთეულოვან მუხტზე მოქმედი ძალის სიდიდეს;
- ბ) დაძაბულობის ერთეულია 1 ვოლტი/მეტრი;
- გ) დაძაბულობა ელექტრული ველის ენერგეტიკული მახასიათებელია;
- დ) პოტენციალი ვექტორული სიდიდეა;

სწორი პასუხია: I. ა; II. ა და ბ; III. ბ და დ; IV. ბ და გ; V. დ.

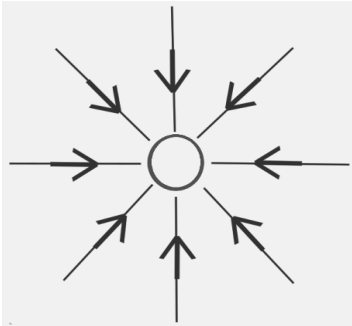
8. ველის ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობა 220 ვ-ია. ეს ნიშნავს, რომ

- ა) ველის დაძაბულობა 220 ვ/მ -ია;
ბ) მოცემულ ორ წერტილს შორის 1 კ მუხტის გადატანაზე ველის მიერ შესრულებული მუშაობა 220 ჯ-ის ტოლია;
გ) მოცემული წერტილებიდან თითოეულის პოტენციალი 220 ვ-ია;
დ) ერთი წერტილიდან მეორეში ველის მიერ გადაადგილებული მუხტი 220 კ-ის ტოლია.

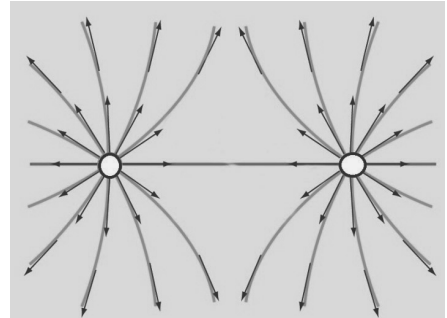
9. მუხტის გადაადგილებაზე შესრულებული ელექტრული ველის მუშაობა გამოითვლება ფორმულით:

- ა) $k \frac{q}{\epsilon r}$; ბ) qU ; გ) Eqd ; დ) Ed .

10. სურათებზე (სურ. 2,3) სხვადასხვა მუხტების ელექტრული ველებია გრაფიკულად გამოსახული. დააწერე მუხტებს შესაბამისი ნიშნები.



სურ. 2



სურ. 3

11. ძალა, რომელიც ელექტრულ ველში მოთავსებულ მუხტზე მოქმედებს, 100 ნ-ის ტოლია, რის ტოლია მუხტის სიდიდე, თუ ცნობილია, რომ ველის დაძაბულობა წერტილში, რომელშიც ეს მუხტია მოთავსებული, 20 ვ/მ-ის ტოლია (2 ქ).

- ა) 2 000 კ; ბ) 5 კ; გ) 0, 5 კ; დ) 0, 2 კ.

12. განსაზღვრე, რის ტოლია ელექტროსტატიკური ველის ორ წერტილს შორის პოტენციალთა სხვაობა, თუ ერთი წერტილიდან მეორეში 4 კ მუხტის გადაადგილებისას ელექტრული ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა 800 ჯ-ის ტოლია (2 ქ).

- ა) 3200 ვ; ბ) 800 ვ; გ) 200 ვ; დ) 0, 005 ვ.

13. განსაზღვრე დამუხტულ პარალელურ ფირფიტებს შორის ელექტრული ველის დაძაბულობა, თუ ცნობილია, რომ ფირფიტებს შორის პოტენციალთა სხვაობა 100 ვ-ია, ხოლო ფირფიტებს შორის მანძილი – 2 სმ. (3 ქ).

- ა) 5000 ვ/მ; ბ) 200 ვ/მ; გ) 50 ვ/მ; დ) 2 ვ/მ.

14. A და B წერტილებში, რომელთა შორის მანძილი 12 სმ-ია, მოთავსებულია – 6 ნკ და 3 ნკ წერტილოვანი მუხტები.

განსაზღვრე A და B წერტილებს შუა მოთავსებულ C წერტილში ელექტრული ველის

ა) დაძაბულობის ვექტორის მოდული და მიმართულება;

ბ) პოტენციალი.

15. მოძებნე, რა ერთეული შეესაბამება ცხრილის ვერტიკალურ გრაფაში მოცემულ ფიზიკურ სიდიდეებს და შესაბამის გრაფაში გააკეთე აღნიშვნა:

	ნიუტონი	კულონი	ვოლტი	ნიუტონი/კულონი
პოტენციალი				
დაძაბულობა				
მუხტი				
ძალა				

№ 1 შპეციალიზირებული ტესტი თემაზე: ელექტრული გუბის თვისებები, კულონის კანონი
პასუხები.

I ვარიანტი სულ 26 ქულა

- 1) დ
- 2) ბ
- 3) ა
- 4) ბ
- 5) დ
- 6) ა
- 7) (2 ქ) II
- 8) ბ
- 9) დ
- 10) (2 ქ) სურ.2 – ; სურ.3 – ; +
- 11) (2 ქ) ა
- 12) (2 ქ) ა
- 13) (2 ქ) ბ
- 14) ა) (2 ქ) $2 \cdot 10^4$ ნ/კ. ბ) (2 ქ) – 1800 ვ
- 15) (4 ქ)

	ჯოული	კულონი	ვოლტი	ვოლტი/მეტრი
ძაბვა				
დაძაბულობა				
მუხტი				
მუშაობა				

I ვარიანტი სულ 26 ქულა

- 1) ა
- 2) ა
- 3) ა
- 4) ბ
- 5) დ
- 6) დ
- 7) (2 ქ) II
- 8) ბ
- 9) ბ
- 10) (2 ქ) სურ.2 – ; სურ.3 + ; +
- 11) (2 ქ) ბ
- 12) (2 ქ) ბ
- 13) (2 ქ) ა
- 14) ა) (2 ქ) $2,25 \cdot 10^4$ ნ/კ; ბ)(2 ქ) 450 ვ.
- 15) (4 ქ)

	ნიუტონი	კულონი	ვოლტი	ნიუტონი/კულონი
პოტენციალი				
დაძაბულობა				
მუხტი				
ძალა				

X. განმარტებითი ლექსიკონი

აქტივობები – მიზნის მისაღწევად გამოყენებული სწავლისა და სწავლების სავარჯიშოები, რომლებიც მოსწავლეთა ასაკს, შესაძლებლობებსა და სწავლის სტილს შეესაბამება.

გონებრივი იერიში – სწავლების მეთოდი, როდესაც მოსწავლეები მოკლე დროში ადგილზე მოფიქრებულ საკუთარ აზრებს გამოთქვამენ.

დაკვირვება – პროცესზე ან მის ამსახველ მასალაზე მონაცემების შეგროვება.

დებრიფიკა – უკუკავშირი, ანუ პოზიტიური გამოხმაურება სამუშაოს განხილვისა და გააზრების შემდეგ.

დიფერენცია – სასწავლო პროცესის დაგეგმვა მოსწავლეთა სასწავლო საჭიროებების დადგენის საფუძველზე.

დისკუსია – სადავო საკითხებზე აზრთა გაცვლა-გამოცვლა, კამათი.

დრამა – დიალოგის სახით დანერგილი სცენაზე წარმოსადგენი ტექსტი, რომელშიც ასახულია ძლიერი განცდები, მძაფრი კონფლიქტი.

ფექტიანი სწავლება – მასწავლებლის სასწავლო სტრატეგიის შეთავსება მოსწავლეთა სწავლის სტილთან.

ინდიკატორი – მაჩვენებელი, რომელიც განსაზღვრავს, რამდენად არის მიზანი მიღწეული.

ინსტრუქცია – ზოგადი ჩარჩო, რომელში მოცემული პრინციპების დაცვა ევალებათ სკოლის მასწავლებლებს.

ინტერაცია – შეესება, ნაწილების მთლიანში გაერთიანება.

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

კრიტიკული აზროვნება – აზროვნების სტილი, რომელიც გადაწყვეტილების მისაღებად შეკითხვების დასმას გულისხმობს.

კურიკულუმი – სკოლებში წინასწარგანსაზღვრული სწავლების შინაარსი.

მეთოდოლოგიური განსჯა – საკუთარი პედაგოგიური პრაქტიკის გამოკვლევითა და ანალიზით გადაწყვეტილების მიღება.

მეთოდოლოგიური ცოდნა – სასწავლო პროცესის დაგეგმვა მოსწავლეთა სწავლის სტილის, საჭიროებებისა და მოთხოვნილებების გათვალისწინებით.

მოტივაცია – რისამე სასარგებლოდ მოსაზრების, საფუძვლის, საბუთის მოყვანა. მოტივი არის რაღაც ქმედების გამომწვევი მიზეზი ან საბაბი. ყურადღების კონცენტრაცია, სწავლის სურვილი, ჩართულობა სწავლის პროცესში და მასალის საშუალო სიძნელე მოტივაციის ფაქტორებია.

მონიტორინგი – არსებული სიტუაციის ანალიზისა და

შემომხების საფუძველზე რეალური მონაცემების შეგროვება.

პროფესიული განვითარება – პროცესი, რომელიც ამზადებს მასწავლებელს სკოლისთვის საჭირო ცვლილებების შესასრულებლად. მიიღწევა ტრენინგების გზით.

რეფლექსია – იგივე თვითშემეცნება, სააზროვნო უნარ-ჩვევა. იგი არის საკუთარი გამოცდილების კრიტიკული გადამუშავების პროცესი, რომელიც გულისხმობს საკუთარი ქცევის და აზროვნების ანალიზს, გაცნობიერებას, შეფასებას, დაგეგმვასა და კონტროლს. თვითშემეცნებას (რეფლექსიას) მასწავლებელი/მოსწავლე იყენებს მაშინ, როდესაც ფიქრობს საკუთარ მოქმედებებზე: მაგ. როდესაც ფიქრობს იმაზე, თუ რამ განაპირობა მისი წარმატება ან წარუმატებლობა.

სასწავლო გარემო – სწავლა/სწავლებისთვის განკუთვნილი ადგილი, აღჭურვილობა.

სასწავლო თეორია – მასწავლებლობაში დაოსტატებისთვის საჭირო ნესების ერთობლიობა. პრინციპების, იდეების სისტემა, რომელიც პრაქტიკულ გამოცდილებას განაზოგადებს, ბუნების, საზოგადოებისა და აზროვნების კანონზომიერებებს ასახავს.

სასწავლო მიზნები – განაცხადი, რას უნდა მივაღწიოთ სწავლის პროცესში. ზოგადი მიზნისგან გამომდინარე კონკრეტული ამოცანის განვითარებას ჰქვია სპეციფიკური სასწავლო მიზანი.

სასწავლო შედეგები – ცოდნის, უნარ-ჩვევებისა და განწყობა-დამოკიდებულებების ერთობლიობა, რომელთაც მოსწავლეები სწავლისას შეიძენენ.

სასწავლო ტექნოლოგია – დადებითი შედეგების მისაღწევად შერჩეული სასწავლო მეთოდების კომპლექსის გამოყენებით სწავლების სპეციფიკური ორგანიზაცია.

სტილი – მანერა, ქცევის ან მოქმედების თავისებურება.

სტრატეგია – მიზნის მისაღწევად გადამწყვეტი ოპერაციების მომზადების, დაგეგმვის, წარმოების, ხელმძღვანელობის ხელოვნება (ოსტატობა). დამოკიდებულია განათლების პოლიტიკაზე და გამომდინარეობს სკოლის შესაძლებლობიდან.

სწავლების მეთოდი – სასწავლო შინაარსის შესაბამისად, მასწავლებლისა და მოსწავლის ერთობლივი, მიზანმიმართული საქმიანობა, სასწავლო მიზნის მიღწევის ხერხი.

ტრენინგი – ჯგუფური მუშაობის მეთოდი, რომელიც აძლევს მასწავლებელს საჭიროებების ხედვას და უზრუნველყოფს მის პროფესიულ განვითარებას.

ტრენერი – მწვრთნელი, რომელიც ადგენს აუდიტორიის საჭიროებას, არჩევს დიდაქტიკურ მასალას, აწოდებს, მართავს ინფორმაციას და კონსტრუქციული დიალოგის გზით ეხმარება მსმენელებს მიზნის მიღწევაში.

შეფასება – მონიტორინგის შედეგებზე დაყრდნობით პროცესის ანალიზი.

XI. დამატებითი ლიტერატურა მასწავლებლისთვის

1. ეროვნული სასწავლო გეგმა (ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებისთვის, 2018-2024 წწ.);
2. მ. ბოჭორიშვილი, დიფერენციაციის თეორიის რამდენიმე ასპექტი, 2014;
3. მ. ხუნდაყიშვილი, ს. ბივერი, განმავითარებელი შეფასება და დიფერენცირებული სწავლება. 2018
4. გ. ჭაუჭიძე, როგორ დავწეროთ რეფლექსია ჩატარებულ გაკვეთილზე. 2018
5. გ. ნოზაძე, განმავითარებელი შეფასების შესახებ. 28 ოქტომბერი, 2013
6. ს. ლობჯანიძე, როგორ დავგეგმოთ მოქნილი და შემოქმედებითი გაკვეთილი;
7. გ. ნოზაძე, საგნობრივ შედეგებზე ორიენტირებული გაკვეთილების დაგეგმვა;
8. ს. გორგოძე, ეფექტური განმავითარებელი შეფასება;
9. განვითარებისა და სწავლის თეორიები (2011). მასწავლებელთა პროფესიული განვითარების ცენტრი, თბილისი: გამომცემლობა "საქართველოს მაცნე";
10. როგორ ვასწავლოთ მოსწავლეებს აზროვნება (2007). საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო, ეროვნული სასწავლო გეგმებისა და შეფასების ცენტრი.
11. ნ. ჯანაშია, ნ. იმედაძე, ს. გორგოძე. განვითარებისა და სწავლის თეორიები. 2008
12. ა. ვულფოლკი, განათლების ფსიქოლოგია (2009), თბილისი, ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა.

ამ სახელმძღვანელოს გაყიდვის ფაქტის შემთხვევაში, გთხოვთ,
დაგვიკავშირდეთ ცხელ ხაზზე: (+995 32) 2 200 220
www.diogene.ge



დაფინანსებულია „მოსწავლეებისა და მასწავლებლების
სახელმძღვანელოებით უზრუნველყოფის
პროგრამის“ ფარგლებში

