

რუსუდან ქანთარია, ლეილა ჩიჩუა  
ქეთევან სეფიაშვილი, დინა ქიმერიძე

# ფიზიკა 9

მასწავლებლის წიგნი

გრიფინიჭებულია საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების  
სამინისტროს მიერ 2021 წელს



რუსუდან ქანთარია, ლეილა ჩიჩუა,  
ქეთევან სეფიაშვილი, დინა ქიმერიძე

# ფიზიკა

IX კლასი, მასწავლებლის წიგნი

რედაქტორი

**ნელი ელიზბარაშვილი**

კომპიუტერული უზრუნველყოფა

**მანანა კვერნაძე**

© გამომცემლობა „კლიო“, 2021

© გამომცემლობა „მერიდიანი“, 2021

© რუსუდან ქანთარია, ლეილა ჩიჩუა,  
ქეთევან სეფიაშვილი, დინა ქიმერიძე, 2021

ყველა უფლება დაცულია

ISBN 978-9941-496-11-0

პირველი გამოცემა (2021)



შპს „გამომცემლობა კლიო“  
ალმაშენებლის გამზ., №181-2,  
თბილისი, 0112  
ტელ.: (+995 32) 234 04 30  
E-mail: [book@klio.ge](mailto:book@klio.ge); [www.klio.ge](http://www.klio.ge)



შპს „გამომცემლობა მერიდიანი“  
აღ. ყაზბეგის №47, თბილისი  
ტელ.: (+995 32) 239 15 22  
E-mail: [meridiani777@gmail.com](mailto:meridiani777@gmail.com)

## ს ა ნ რ ე ჯ ი

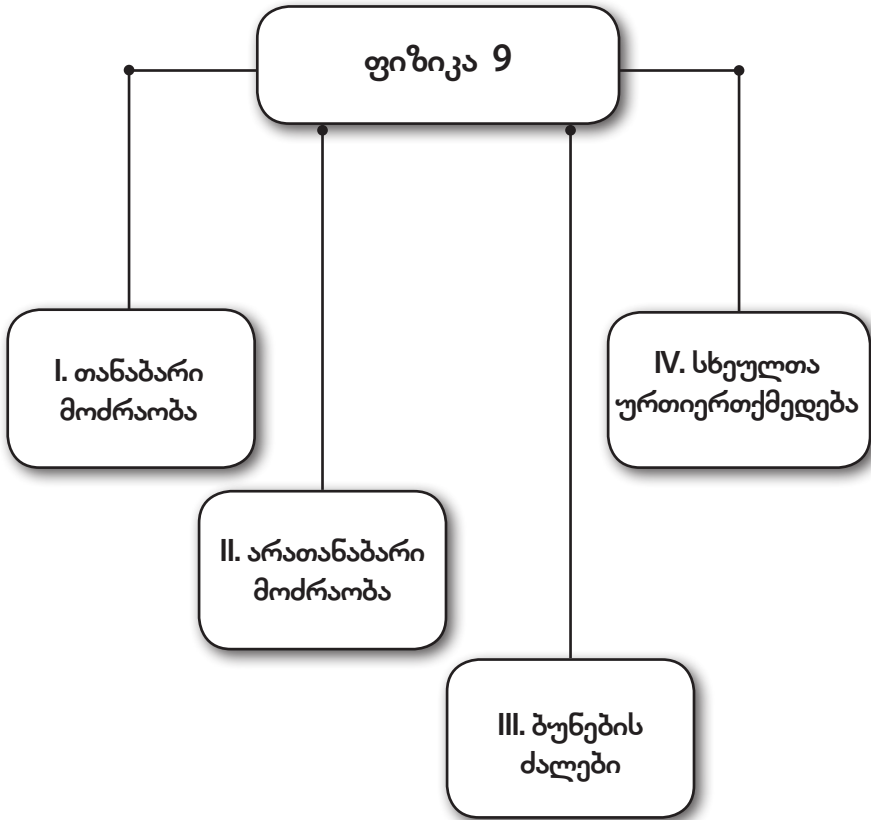
სახელმძღვანელოს სტრუქტურა .....	4
IX კლასის ფიზიკის სახელმძღვანელოს კონცეფცია.....	6
შესავალი .....	7
საბაზო საფეხურის სტანდარტი .....	8
შინაარსისა და მიზნების მატრიცა.....	29
მატრიცა. კომპლექსური დავალებები.....	33
სასწავლო მასალის სავარაუდო საათობრივი განაწილება .....	52
ინფორმაცია მოსწავლის წიგნის შესახებ.....	55
რეკომენდაციები მასწავლებლისათვის .....	58
მოსწავლის წიგნის თავების მოკლე მიმოხილვა.....	77
ელექტრონული რესურსები .....	87
ადაპტირებული გაკვეთილის გეგმა .....	94
სარეკომენდაციო შეფასების სქემები .....	99
მოსწავლის წიგნში მოცემული დავალებების პასუხები.....	108
ზოგი რამ მოდულებისა და მოდულირების შესახებ ფიზიკაში.....	196
ფიზიკის ამოცანების ამოხსნის მათემატიკური მეთოდები .....	198
ფიზიკის ზოგიერთი ზოგადი ცნებები .....	198
შეფასებები IX კლასში.....	201
ინტერაქტიური გაკვეთილის ელემენტები .....	203
რეკომენდაციები შეფასებისთვის .....	208
საშინაო დავალების სახეები.....	213

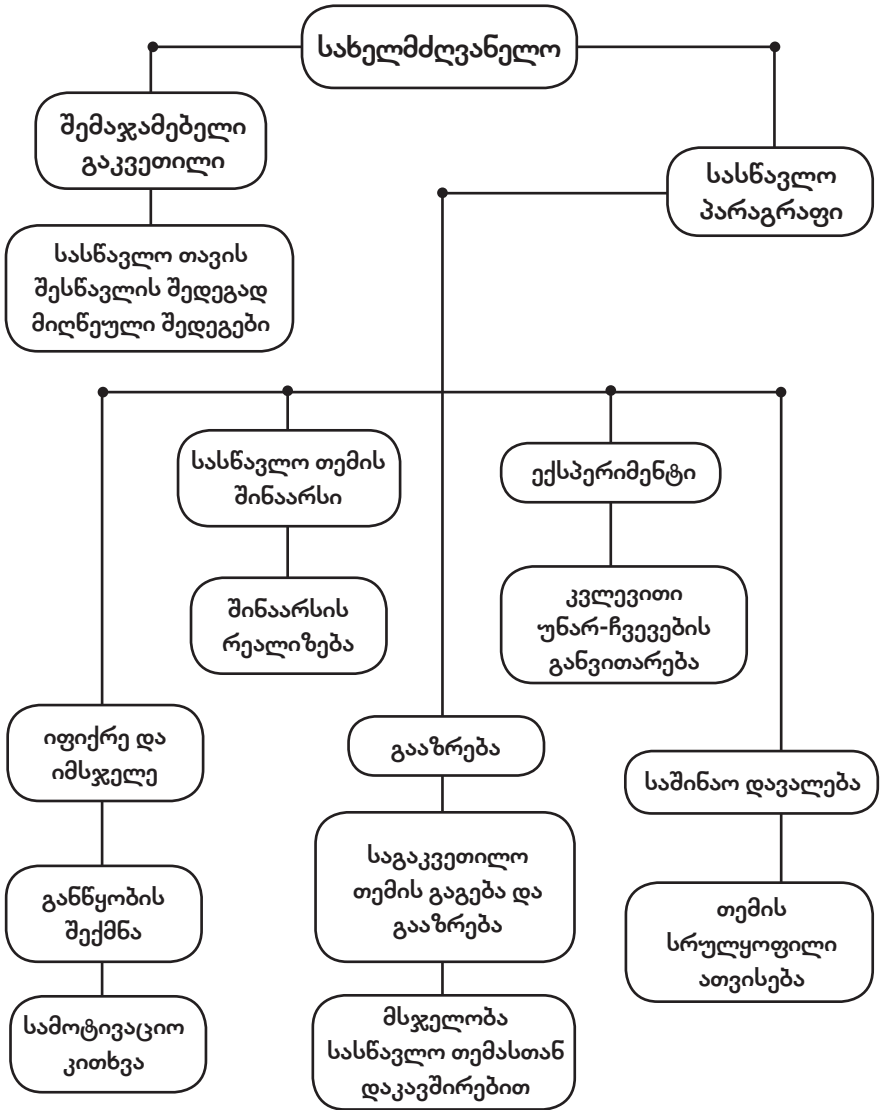
## IX კლასის ფიზიკის სახელმძღვანელოს კონსეფსია

IX კლასის ფიზიკის სახელმძღვანელო შედგენილია ფიზიკის სტანდარტის შესაბამისად. მასში თავმოყრილი მასალა შეესაბამება პროგრამის შინაარსს. სახელმძღვანელოში მოცემულია გაკვეთილების ჩატარებისთვის მეთოდოლოგიური დამხმარე მასალა და ამ მასალის ასათვისებლად შერჩეული მოსწავლეთა აქტივობები, რომლებიც შეესაბამება ინდიკატორებს და უნდა უზრუნველყონ მოსწავლეთა მიერ სტანდარტით განპირობებულ შედეგის მიღწევა. სახელმძღვანელოში პარაგრაფების შინაარსი აგებულია პრინციპზე – მარტივიდან რთულისკენ, ნაცნობიდან უცნობისკენ და შეესაბამება მოსწავლის ინტელექტუალურ შესაძლებლობებს.

სახელმძღვანელოს შინაარსობრივი და მეთოდოლოგიური აპარატის კომპლექტაცია, შემადგენელი ნაწილების ერთობლიობა და სტრუქტურის სპეციფიკა ასეთია: პარაგრაფების უმეტესობის შინაარსი აგებულია საგაკვეთილო ტექსტისაგან, ილუსტრაციებისა და მოსწავლეთათვის შესასრულებელი დავალებებისაგან, მათ შორის ექსპერიმენტული და კომპლექსური დავალებებისაგან. პარაგრაფები შეიცავს თემის ფარგლებში დასამუშავებელ ცნებებს, საკვანძო საკითხებს, მკვიდრ წარმოდგენებს. ეს მასალა განაწილებულია სხვადასხვა რუბრიკაში: „იფიქრე და იმსჯელე“, „გააზრება“, „საშინაო დავალება“. დავალებები შეიცავს სააზროვნო კითხვებს, მასალას მსჯელობისათვის, დასკვნების გამოტანას. ზოგიერთი საკითხი საჭიროებს დამახსოვრებას, სახელმძღვანელოს მიზანია მოსწავლეებში კვლევითი უნარ-ჩვევების ჩამოყალიბება და განვითარება.

სახელმძღვანელო დაეხმარება მოსწავლეს თეორიული ცოდნის მიღებასა და მეცნიერული კვლევა-ძიების უნარ-ჩვევების დაუფლებაში, საყოფაცხოვრებო საკითხების შეცნობაში, გარემოს დაცვის საკითხების გააზრებასა და მიღებული გამოცდილების პრაქტიკულად გამოყენებაში.





## შესავალი

მასწავლებლის წიგნი განკუთვნილია IX კლასის ფიზიკის მასწავლებლებისთვის. მასში მოცემულია ფიზიკის სახელმძღვანელოს შინაარსის რეალიზებისათვის საჭირო რეკომენდაციები და გაკვეთილების ჩატარებისთვის მეთოდოლოგიური დამხმარე მასალა.

### **მასწავლებლის წიგნში მოცემულია:**

- სტანდარტის მოთხოვნებისა და შინაარსის ურთიერთკავშირის მატრიცა, სახელწოდებით „შინაარსისა და მიზნების მატრიცა“;
- სასწავლო მასალის სავარაუდო საათობრივი განაწილება;
- მოსწავლის წიგნის თავების მოკლე მიმოხილვა;
- მოსწავლეზე ორიენტირებული მიდგომების სპეციფიკა საგნის სწავლების პროცესში, მოსწავლის შესაბამისი შეფასების სარეკომენდაციო სქემები;
- კომპლექსური დავალებების ნიმუშები და რუბრიკები შეფასებისთვის;
- რეკომენდაციები საშინაო დავალებების შესახებ;
- სახელმძღვანელოში მოცემულ კითხვებსა და ამოცანებზე პასუხი.
- რეკომენდაციები საინტერესო ინფორმაციების მიწოდების თვალსაზრისით ზოგიერთი გაკვეთილისთვის. ზოგიერთი ტერმინის განმარტება.
- მოსწავლეებისათვის მოსაწოდებელი და გაკვეთილებზე გამოსაყენებელი რესურსები.
- ელექტრონული რესურსების ჩამონათვალი.

## ფიზიკა

### საბაზო საფეხურის სტანდარტი

#### შესავალი

საბაზო საფეხურის ფიზიკის სტანდარტი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან:

- ა) საგნის სწავლა-სწავლების მიზნები;
- ბ) სტანდარტის შედეგები და შინაარსი;
- გ) მეთოდოლოგიური ორიენტირები;
- დ) შეფასება.

საბაზო საფეხურზე საგან „ფიზიკაში“ შეისწავლება მექანიკისა და სითბური მოვლენების ძირითადი პრინციპები. მოსწავლე გაეცნობა ბუნებაში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების კანონზომიერებებს, მათ გავლენას გარემომცველ სამყაროზე და როლს მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარებაში.

საგნის სწავლა-სწავლებისას მოსწავლე ჩართული იქნება აქტივობებში, რომლებიც მას მოვლენების არსის გაგებაში, ახალი ცოდნის შექმნასა და ამ ცოდნის პრაქტიკულად გამოყენებაში დაეხმარება.

#### ა) საგნის სწავლა-სწავლების მიზნები

ფიზიკის სწავლა-სწავლების მიზნებია, მოსწავლეს:

- გაუჩნდეს ინტერესი ფიზიკური პროცესების შესწავლის მიმართ;
- შეეძლოს სამყაროში მიმდინარე მოვლენებში ფიზიკის კანონზომიერებების დანახვა და მიღებული ცოდნის გამოყენებით სხვადასხვა ცხოვრებისეული ამოცანების გადაჭრა;
- შეეძლოს გარემოში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების ურთიერთდაკავშირება;
- განუვითარდეს კვლევითი უნარ-ჩვევები, რომლებსაც ახალი ცოდნის მისაღებად გამოიყენებს;



- ფიზიკური მოვლენების ანალიზის საფუძველზე შეეძლოს ბუნებაში სხვადასხვა მოვლენის პროგნოზირება;
- შესძინოს ფიზიკის დარგობრივი ერთ ოპერირების უნარი.

ამ მიზნებზე მუშაობით საგანი „ფიზიკა“ თავის წვლილს შეიტანს ეროვნული სასწავლო გეგმის მისიისა და მიზნებით გათვალისწინებული უნარებისა და ღირებულებების განვითარებასა და ჩამოყალიბებაში.

### **ბ) სტანდარტის შედეგები და შინაარსი**

სტანდარტის შედეგები საგნის ცნებებზე დაფუძნებით განსაზღვრავს მიზნობრივ ორიენტირებს და პასუხობს შეკითხვას: რა უნდა შეეძლოს მოსწავლეს ფიზიკაში საბაზო საფეხურის ბოლოს.

#### **ეს შედეგები ჯგუფდება სამ მიმართულებად:**

- **ფიზიკური მოვლენები** – გულისხმობს ფიზიკის ძირითადი კონცეფციებისა და კანონზომიერებების გააზრებას; საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისათვის საერთო ცნებებზე (ნივთიერება და მატერია, სტრუქტურა და ფუნქცია, ენერგია და ენერგიის გარდაქმნა, სისტემები და ურთიერთქმედებები, მდგრადობა და ცვლილებები) წარმოდგენების ჩამოყალიბებას;
- **მეცნიერული კვლევა-ძიება** – გულისხმობს მოსწავლის ჩართვას დაკვირვებების, მარტივი ექსპერიმენტებისა და ცდების განხორციელებაში;
- **მეცნიერება და ტექნოლოგიები** – გულისხმობს საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების გამოყენებითი ასპექტების აღქმას; საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და ტექნოლოგიების მიღწევების გავლენის გაცნობიერებას საზოგადოებასა და გარემოზე; მნიშვნელოვანი სამეცნიერო აღმოჩენების შეფასებას; გააზრებას, რომ მეცნიერული შეხედულებები და მოსაზრებები ვითარდება და შეიძლება შეიცვალოს დროთა განმავლობაში.

**სტანდარტის შინაარსი** განსაზღვრავს, რა უნდა იცოდეს მოსწავლემ. შინაარსი აღიწერება სავალდებულო ცნებების, თემებისა და

საგნობრივი საკითხების სახით.

**ცნებების** სახით განსაზღვრულია ის ცოდნა, რომელსაც მოსწავლე საგნის ფარგლებში უნდა დაეუფლოს. ცნებები შედეგებთან ერთად უნდა დამუშავდეს მოსწავლისთვის ნაცნობ კონტექსტებში. ეს კონტექსტები სავალდებულო თემების სახითაა წარმოდგენილი.

თითოეულ თემას ახლავს **შეფასების ინდიკატორები**. ისინი განსაზღვრავს, თუ რა უნდა შეფასდეს სწავლა-სწავლების პროცესში (თითოეულ ინდიკატორს ახლავს შესაბამისი შედეგის ინდექსის ნომერი, რომელიც განსაზღვრავს, თუ რომელი შედეგიდან/შედეგებიდან გამომდინარეობს იგი).

### **ინდექსების განმარტება**

საბაზო საფეხურზე სტანდარტში განვიხილეთ თითოეულ შედეგს წინ უძღვის ინდექსი, რომელიც მიუთითებს საგანს, სწავლების ეტაპსა და სტანდარტის შედეგის ნომერს; მაგ., **ფიზ.საბ.1.:**

„**ფიზ.**“ — მიუთითებს საგანს „ფიზიკა“;

„**საბ.**“ — მიუთითებს საბაზო საფეხურს

„**1**“ — მიუთითებს სტანდარტის შედეგის ნომერს.

ფიზიკის სტანდარტის შედეგები (საბაზო საფეხური)		
შედეგების ინდექსები	მიმართულება: ფიზიკური მოვლენები მოსწავლემ უნდა შეძლოს	ცნებები და ცნებეთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები
ფიზ.საბ.1.	მატერიის დახასიათება მისი ფიზიკური თვისებების მიხედვით;	მატერია მოძრაობა და ცვლილებები ენერგია და ურთიერთქმედება კვლევა
ფიზ.საბ.2.	სხეულთა ურთიერთქმედებასა და ურთიერთქმედების შედეგებზე არგუმენტირებული მსჯელობა;	
ფიზ.საბ.3.	ენერგიის სახეების დახასიათება და მათ ურთიერთგარდაქმნაზე არგუმენტირებული მსჯელობა.	
	მიმართულება: მეცნიერული კვლევა-ძიება	
ფიზ.საბ.4.	ფიზიკური მოვლენების შესწავლის მიზნით კვლევის (ცდა, ექსპერიმენტი) დაგეგმვა (ჰიპოთეზების შემუშავება, დამოკიდებული და დამოუკიდებელი ცვლადების განსაზღვრა, კვლევის პროცედურის, მონაცემების აღრიცხვის ფორმების განსაზღვრა, სათანადო რეკორდების შეჩვენება);	
ფიზ.საბ.5.	ფიზიკური პროცესებისა და კანონზომიერებების კვლევისათვის საჭირო პროცედურების განხორციელება (დაკვირვება, გაზომვა, მონაცემების აღრიცხვა, შესაბამისი მასალისა და აღჭურვილობის ადეკვატურად გამოყენება);	
ფიზ.საბ.6.	თვისებრივი და რაოდენობრივი მონაცემების სხვადასხვა ფორმით (ცხრილებით, დიაგრამებით, გრაფიკებით და სხვ.) ჩაწერა და ორგანიზება; მონაცემების ორგანიზებისთვის ინფორმაციულ - საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება;	
ფიზ.საბ.7.	მონაცემების გაანალიზება და არგუმენტირებული მსჯელობის საფუძველზე დასკვნების გამოტანა, ცვლადებს შორის დამოკიდებულების აღსაწერად დიაგრამებისა და გრაფიკების გამოყენება;	
ფიზ.საბ.8.	მოდელების შექმნა და გამოყენება ფიზიკური მოვლენების/კანონზომიერებების საჩვენებლად;	
ფიზ.საბ.9.	ცდისა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და ჩატარებისას უსაფრთხოების წესების დაცვა.	
	მიმართულება: მეცნიერება და ტექნოლოგიები	
ფიზ.საბ.10.	ფიზიკისა და ტექნოლოგიების მიღწევების შეფასება მდგრადი განვითარების პრინციპების თვალსაზრისით;	
ფიზ.საბ.11.	ფიზიკისა და ტექნოლოგიების მიღწევების ყოველდღიურობასთან დაკავშირება;	
ფიზ.საბ.12.	ფიზიკის სხვადასხვა პროფესიასთან დაკავშირება.	

## თემებისა და ცნებების დამაკავშირებელი ცხრილი

ცხრილში მოცემულია სავალდებულო თემები, რომლებიც უნდა ისწავლებოდეს VII-დან X კლასის ჩათვლით. ასევე, მოცემულია ცნებები, რომლებიც ყველა თემის ფარგლებში უნდა დამუშავდეს.

სავალდებულო თემები	ცნებები/ქვეცნებები
ნივთიერების აგებულება და მისი ფიზიკური თვისებები	მატერია, სისტემები,
თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობა	სტრუქტურა; ფუნქცია; ურთიერთქმედება;
ძალა და წნევა	ენერგია – ენერჯის მუდმივობა, ენერჯის გარდაქმნა;
მექანიკური მოვლენები	კვლევა – კვლევის მეთოდი (ცდა, ექსპერიმენტი, გამოკითხვა, ინტერვიუ); კვლევის დაგეგმვა-განხორციელება (საკვლევი კითხვა, ჰიპოთეზა, უსაფრთხოება, რესურსი, ცვლადი (დამოუკიდებელი, დამოკიდებული) მონაცემი, მონაცემთა ორგანიზება, მონაცემთა ანალიზი, დასკვნა);
სითბური მოვლენები	მოდელი (ფორმულა);
სტატიკა და დინამიკა	ალმოჩენა,
ობტიკური მოვლენები	თეორია, კანონი, ტექნოლოგია; მდგრადი განვითარება.

## თემების, საკითხებისა და შეფასების ინდიკატორების დამაკავშირებელი ცხრილები

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

<b>თემა: არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობა</b>
<p><b>თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები</b> – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <p><b>მატერია</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ათვლის სისტემის, ნივთიერი წერტილის და ინერციის მნიშვნელობაზე მსჯელობა არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობის ანალიზისას <b>(ფიზ.საბ.1,2, 3, 6);</b></li> </ul> <p><b>მოძრაობა და ცვლილებები</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>სხეულის არათანაბარი მოძრაობის დამახასიათებელ პარამეტრებზე მსჯელობა <b>(ფიზ.საბ. 1, 2, 3, 6);</b></li> <li>მრუდწირული მოძრაობის დამახასიათებელ პარამეტრებზე და მათი ცვლილების მნიშვნელობაზე მსჯელობა <b>(ფიზ.საბ. 1, 2, 3, 6);</b></li> </ul> <p><b>კვლევა</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>წრფივი თანაბარჩქარებული და მრუდწირული მოძრაობის გრაფიკების საშუალებით პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა <b>(ფიზ.საბ. 4, 5, 6, 7, 8, 9).</b></li> </ul>

<b>თემა: სტატიკა და დინამიკა</b>
<p><b>თემის ფარგლებში შედეგების მიღწევის ინდიკატორები</b> – მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <p><b>მოძრაობა და ცვლილებები</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ნიუტონის კანონების საშუალებით სხეულის მოძრაობის დაკავშირება მასზე მოქმედ ძალებთან <b>(ფიზ.საბ. 2,3,7);</b></li> <li>მსოფლიო მიზიდულობის ძალის დაკავშირება პლანეტების ხელოვნური თანამგზავრისა და კოსმოსური სადგურების მოძრაობასთან <b>(ფიზ.საბ.2,3,4,7,8,10,11);</b></li> </ul> <p><b>ენერჯია და ურთიერთქმედება</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>იმპულსის შენახვის კანონის დაკავშირება დაჯახებებსა და რეაქტიულ მოძრაობასთან <b>(ფიზ.საბ. 2,3,7);</b></li> </ul> <p><b>კვლევა</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ნიუტონის კანონების, სხეულთა ცურვის პირობების ლაბორატორიული შესწავლა მოდელების საშუალებით. პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა <b>(ფიზ.საბ.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9);</b></li> </ul>

- სხეულზე მოქმედი სხვადასხვა ტიპის ძალების როლის შეფასება ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში (**ფიზ.საბ. 10, 11**);
- ნიუტონის კანონების და/ან ცურვის პირობების ცოდნის დაკავშირება სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან (**ფიზ.საბ.10,11,12**).

## საფეხურებრივი საკვანძო კითხვები

### საფეხურებრივი საკვანძო კითხვები სტანდარტის ცნებებს აკავშირებს შედეგებთან.

- როგორ უნდა შევისწავლო ფიზიკური მოვლენები?
- როგორ დავგეგმო და ჩავატარო კვლევა ფიზიკური მოვლენების შესასწავლად?
- რაში და როგორ შეიძლება გამოვიყენო ფიზიკური კანონზომიერებების ცოდნა?
- როგორ გარდაიქმნება ენერგია ერთი სახეობიდან მეორე სახეობად?
- როგორ დავაკავშირო ბუნებაში არსებული ძალები მრავალფეროვან ფიზიკურ მოვლენებთან?
- რა გავლენას ახდენს ნივთიერების აგებულება ბუნებაში მიმდინარე პროცესებზე?

### გ) მეთოდური ორიენტირები

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

საგნის სწავლა-სწავლება უნდა წარიმართოს შემდეგი პრინციპების დაცვით:

- ა) სწავლა-სწავლება ხელს უნდა უწყობდეს მოსწავლეთა შინაგანი ძალების გააქტიურებას.
- ბ) სწავლა-სწავლება ხელს უნდა უწყობდეს ცოდნის ეტაპობრივად კონსტრუირებას წინარე ცოდნაზე დაფუძნებით.
- გ) სწავლა-სწავლება ხელს უნდა უწყობდეს ცოდნათა ურთიერთდაკავშირებასა და ორგანიზებას.
- დ) სწავლა-სწავლება უნდა უზრუნველყოფდეს სწავლის სტრატეგიების დაუფლებას (სწავლის სწავლას).

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

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

<p>შემოქმედებითი აზროვნება</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ჩანაფიქრის შემოქმედებითად განხორციელება;</li> <li>• ორიგინალური იდეების გამოვლენა და ხორცმცხსმა; ახლის შექმნა;</li> <li>• დასმული პრობლემების გადასაჭრელად არასტანდარტული გზების მოძიება;</li> <li>• სწრაფვა გარემოს გარდაქმნა-გაუმჯობესებისკენ;</li> <li>• გამოწვევების მიღება, სასკოლო საქმიანობებში გაბედული ნაბიჯების გადადგმა.</li> </ul>
<p>თანამშრომლობა</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სამუშაოს თანაბრად განაწილება და შესრულება ჯგუფური/გუნდური მუშაობის დროს;</li> <li>• მზაობა ჯგუფში/გუნდში სხვადასხვა ფუნქციის შესასრულებლად;</li> <li>• განსხვავებული იდეების, შეხედულებების კონსტრუქციულად განხილვა;</li> <li>• რესურსების, მოსაზრებების, ცოდნის გაზიარება პრობლემათა ერთობლივად გადაჭრის, გადაწყვეტილებათა ერთობლივად მიღების მიზნით.</li> </ul>
<p>ინიციატივების გამოვლენა და საქმედ ქცევა</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სწავლა-სწავლების პროცესში ინტერესისა და ცნობისმოყვარეობის გამოვლენა;</li> <li>• ახალი იდეების, მიდგომების, შესაძლებლობების ძიება და მათი განხორციელება სწავლის გაუმჯობესების მიზნით;</li> <li>• მზაობა გამოწვევების მისაღებად, გაბედული ნაბიჯების გადასადგმელად.</li> </ul>
<p>დროსა და სივრცეში ორიენტირება</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თანამედროვე რეალობის სივრცესა და დროში გააზრება და ინტერპრეტირება;</li> <li>• მულტიპერსპექტიული ხედვა დროითი და სივრცული ფაქტორების გათვალისწინებით.</li> </ul>



<p>სწავლის სწავლა, დამოუკიდებლად საქმიანობა</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• აქტივობის/დავალების ღირებულების განსაზღვრა - მოსწავლემ უნდა დაინახოს, რას შესძენს აქტივობის შესრულება, რა პიროვნულ თუ სოციალურ სარგებელს მოუტანს მას;</li> <li>• აქტივობის/დავალების დაგეგმვა - მოთხოვნათა გააზრება და მის შესასრულებლად საჭირო ცოდნის განსაზღვრა; დავალების/აქტივობის მთავარი მიზნის განსაზღვრა; სამუშაოს წარმატებით შესრულების კრიტერიუმების დადგენა; განსახორციელებელი სამუშაოს ეტაპების გამოკვეთა; იმის განჭვრეტა, თუ რა გაუადვილდება, რა გაუძნელდება, რაში დასჭირდება დახმარება; სტრატეგიების მიზანშეწონილად შერჩევა სამუშაოს თითოეული ეტაპისათვის;</li> <li>• სწავლის პროცესის მონიტორინგი - დაფიქრება სწავლის პროცესზე, იმ პირობების და ფაქტორების ამოცნობა, რომლებიც ხელს უწყობს ან აფერხებს წინსვლას, სასწავლო სტრატეგიების დაგეგმვა წინსვლის ხელშეწყობად; თვითშეფასება ძლიერი და სუსტი მხარეების დასადგენად, სუსტი მხარეების გასაძლიერებლად გზების დასახვა;</li> <li>• სოციომოციური მართვა - ნერვიულობის მინიმუმამდე დაყვანა, საჭიროების შემთხვევაში, დახმარების თხოვნა, საკუთარ თავში სიძნელეთა გადალახვის რესურსების პოვნა; შეცდომების მიმართ პოზიტიური დამოკიდებულების ჩამოყალიბება და წინსვლისათვის გამოყენება;</li> <li>• ცალკეული საქმიანობისთვის გამოყოფილი დროის ეფექტიანად გამოყენება.</li> </ul>
<p>პასუხისმგებლობა</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სასკოლო საქმიანობებში (სასკოლო ცხოვრებაში) ნაკისრი ვალდებულების შესრულება;</li> <li>• სამუშაოს დადგენილ ვადებში დასრულება და ჩაბარება;</li> <li>• საკუთარი ქცევის მართვა, საკუთარ ქცევებზე პასუხისმგებლობის აღება.</li> </ul>
<p>ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ელექტრონული ცხრილების გამოყენება მონაცემთა ორგანიზება-წარმოდგენის, მათი დამუშავებისა და ანალიზის მიზნით;</li> <li>• საბუნებისმეტყველო შინაარსის დინამიკური, ვირტუალური სიმულაციების მიზნობრივად გამოყენება;</li> <li>• კვლევითი სამუშაოების ოქმებისა და ანგარიშების შექმნა ტექსტურ რედაქტორებში;</li> <li>• ციფრული ფორმატის პრეზენტაციების მომზადება სხვადასხვა მულტიმედიაური ელემენტების (ტექსტი, გამოსახულება, აუდიო, ვიდეო, ანიმაცია) გამოყენებით;</li> <li>• ქსელური ძიება.</li> </ul>

ნიგნიერება	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ზეპირი და წერიტი მტყველების გზით ინფორმაციის მიღების, დამუშავების, გააზრების, სისტემაში მოყვანის, გაანალიზება-ინტერპრეტირებისა და წარდგენა-გაზიარების უნარი.</li> </ul>
------------	--

## წლიური პროგრამის/სასკოლო კურიკულუმის აგების პრინციპები

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

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

## სასწავლო თემის აგების პრინციპები

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

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

## 2. გრძელვადიანი მიზნები

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

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

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

**გ) სამიზნე ცნების/ცნებების მკვიდრი წარმოდგენები** – თითოეული ცნებისთვის უნდა განისაზღვროს მკვიდრი წარმოდგენები, რომლებიც შემოფარგლავს ცნების მოცულობას და დააზუსტებს, რა უნდა ჰქონდეს გაცნობიერებული მოსწავლეს ამ ცნებასთან მიმართებით საფეხურის ბოლოს. მკვიდრი წარმოდგენები დაზუსტდება წლიური პროგრამის/სასკოლო კურიკულუმის ფარგლებში;

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

## 3. შუალედური მიზნები

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

**საკითხების** საშუალებით განისაზღვრება, თუ კონკრეტულად, რა მასალის საფუძველზე წარმართება მუშაობა თემის ფარგლებში. ქვეცნებებსა და საკითხებზე დაყრდნობით განისაზღვრება ასევე კომპლექსური დავალების პირობა.

**ქვეცნებები** – წლიური თემების ფარგლებში გამოიყოფა საგნობრივი ქვეცნებები, რომლებიც უშუალოდ გამომდინარეობენ შესაბამისი სამიზნე ცნებებიდან; ისინი წარმოადგენენ ტერმინებს, რომლებითაც მოსწავლეს ამ კონკრეტული თემის ფარგლებში/კონკრეტულ საკითხთან მიმართებით მოუწევს ოპერირება.

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

- მოსწავლის წინარე ცოდნის გააქტიურება, ცნობისმოყვარეობის გაღვივება, პროვოცირება ახალი ცოდნის შესაძენად;
- სასწავლო თემის შედეგზე ორიენტირებულად სწავლა-სწავლების უზრუნველყოფა;
- თემის სწავლა-სწავლების პროცესში შუალედური ნაბიჯების/ეტაპების განსაზღვრა. საკვანძო შეკითხვა წარმოადგენს მაორგანიზებელ ელემენტს, რომელიც სასწავლო თემის ფარგლებში ასრულებს გაკვეთილ(ებ)ის მიზნის როლს.

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

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

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

## როგორ აიგება სასწავლო თემა

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

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

## სასწავლო თემის აგების ბიჯები

ნაბიჯი 1. მკვიდრი წარმოდგენების დადგენა

ნაბიჯი 2. თემატური საკვანძო კითხვების დასმა

ნაბიჯი 3. შეფასების ინდიკატორების განსაზღვრა

ნაბიჯი 4. თემატური საკითხების განსაზღვრა

ნაბიჯი 5. აქტივობებისა და მიმდინარე დავალებების დაგეგმვა და რესურსების შერჩევა

ნაბიჯი 6. შემაჯამებელი კომპლექსური დავალებების შემუშავება

## საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სწავლების მნიშვნელოვანი მიდგომები

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

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

ვაში ჩართულმა მოსწავლეებმა და მასწავლებელმა უნდა დასვან შემდეგი კითხვები:

- რა ხდება, რა მოვლენა ან პროცესი მიმდინარეობს?
- მოვლენის/პროცესის რა მახასიათებლები გვაქვს?
- რომელი მახასიათებლები არ გვჭირდება?
- რა სახის ცვლადები გვაქვს?
- პასუხობს თუ არა მიღებული მონაცემები კვლევის მიზანს?
- რა ახსნა შეიძლება მოვუძებნოთ ამ მონაცემებს?
- რით სჯობს ერთი რომელიმე ახსნა დანარჩენებს?

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

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

1. სადემონსტრაციო ცდა — პრაქტიკული სამუშაოები, რომელთა მიზანია კონკრეტული მეცნიერული მოვლენის ილუსტრირება;

2. გასავარჯიშებელი პრაქტიკული სამუშაოები — სავარჯიშოები, რომლებიც ექსპერიმენტების ჩატარების ტექნიკას, ხელსაწყობის მოხმარების პრაქტიკული უნარ-ჩვევების განვითარებას ემსახურება;

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

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



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

**სტრატეგიების მოდელირება:** მასწავლებელი მოსწავლეებთან ერთად ასრულებს დავალებას და მისი შესრულებისას „ხმამალა ფიქრობს“ იმაზე, თუ როგორ შეასრულოს ეს აქტივობა (მაგ., კარგად გავეცნოთ პირობას და დავაკვირდეთ, რას მოითხოვს იგი; აქვს თუ არა პირობას თანხმლები მასალა და მისთ.);

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

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

## **შეფასება**

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

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

მნიშვნელოვანია, მოსწავლე თავად იყოს ჩართული განმავითარებელ შეფასებაში. სწავლის პროცესის შეფასება მას გამოუმუშავებს დამოუკიდებლად სწავლის უნარ-ჩვევებს, დაეხმარება სწავლის სტრატეგიების ათვისებაში, საშუალებას მისცემს, გაცნობიერებულად შეუწყოს ხელი საკუთარ წინსვლასა და წარმატებას. შეფასებაში ჩართვის ძირითადი მიზანია მოსწავლის გათვითცნობიერება სწავლის პროცესებში, რაც მას ამ პროცესების გააზრებულად და დამოუკიდებლად მართვას შეასწავლის.

**შემაჯამებელი (განმავითარებელი და განმსაზღვრელი) შეფასება**

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

<p><b>SOLO 1: პრე-სტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს საერთოდ ვერ გაუაზრებია საკითხი, იყენებს შეუსაბამო, არარელევანტურ ინფორმაციას ან/და საერთოდ აცდენილია საკითხს.</p>
<p><b>SOLO 2: უნისტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს შეუძლია მხოლოდ ერთი ასპექტის განხილვა და მარტივი, აშკარა/ცხადი კავშირების დამყარება. მას შეუძლია ტერმინოლოგიის გამოყენება, ზეპირად გადმოცემა (გახსენება), მარტივი ინსტრუქციების/აღვგორითმების შესრულება; პარაფრაზირება, ამოცნობა, დასახელება ან დათვლა.</p>
<p><b>SOLO 3: მულტისტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს შეუძლია რამდენიმე ასპექტის განხილვა განცალკევებულად, ერთმანეთთან კავშირის გარეშე. მას შეუძლია ჩამოთვლა, აღწერა, კლასიფიცირება, კომბინირება; მეთოდების, სტრუქტურის გამოყენება; პროცედურების შესრულება, სხვ.</p>

#### **SOLO 4: მიმართებითი დონე**

მოსწავლეს შეუძლია გაიაზროს კავშირი რამდენიმე ასპექტს შორის, აგრეთვე ისიც, თუ როგორ ესადაგება/ეთანადება ეს ასპექტები ერთმანეთს და ქმნის მთელს, მთლიანობას. მისი ნააზრევი დასტრუქტურებულია და ამგვარად, მოსწავლეს აქვს იმის უნარი, რომ შეადაროს, დააკავშიროს, გააანალიზოს, გამოიყენოს თეორია, ახსნას საკითხი მიზეზებისა და შედეგების ურთიერთმიმართების ანალიზის საფუძველზე.

#### **SOLO 5: გაფართოებული აბსტრაქტული დონე**

მოსწავლეს შეუძლია სტრუქტურის განზოგადება მოცემულის/შეთავაზებულის მიღმა, სტრუქტურის აღქმა მრავალი სხვადასხვა კუთხიდან/თვალთახედვით და იდეების გადატანა ახალ სფეროში. მას შეუძლია განზოგადება, ჰიპოთეზის წამოყენება, კრიტიკა ან თეორიის ჩამოყალიბება.

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

### **ტიპობრივი დავალებები შემაჯამებელი შეფასებისათვის**

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

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

**ტესტი** – ტესტური დავალებების ერთობლიობა. ტესტური დავალებები შეიძლება იყოს როგორც დახურული, ასევე ღია. დახურული ტიპის დავალებების ქულების წილი მთლიან ტესტში, სასურველია, არ აღემატებოდეს 30%-ს. ღია ტიპის დავალებები უნდა ამონმებდეს მოსწავლეების ანალიტიკური აზროვნების უნარებს. სასურველია, ღია ტიპის ტესტურ დავალებებში წამყვანი იყოს კითხვები „რატომ“, „როგორ“. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების ტესტური დავალებები უნდა მოიცავდეს სქემების, ნახატებისა და ნახაზების წაკითხვის, გაგებისა და ანალიზის კომპონენტსაც.

მოსწავლეს უნდა მოეთხოვებოდეს გრაფიკული მათემატიკის გამოყენებით მოცემული ინფორმაციის წაკითხვა და/ან გრაფიკული მათემატიკის გამოყენების აგება პროცესების აღწერის მიზნით.

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

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

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

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

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

# შინაარსისა და მიზნების გათრისა

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა*
<p>1. თანაბარი მოძრაობა</p> <p>1.1. ფიზიკა ჩვენ გარშემო!</p> <p>რისთვის სჭირდება ფიზიკის ცოდნა სხვადასხვა პროფესიის ადამიანს?</p> <p>1.2. მოძრაობის ფარდობითობა</p> <p>1.3. მოძრაობის ფარდობითობის ექსპერიმენტული აპლაცია</p> <p>1.4. გადაადგილება. მატრიალური წერტილი</p> <p>1.5. ვექტორები. მოქმედება ვექტორებზე</p> <p>1.6. გადაადგილების ვექტორის გეგმილი, კოორდინატთა ლერძებზე</p> <p>1.7. წრფივი თანაბარი მოძრაობა. სიჩქარე</p> <p>1.8. წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკები</p> <p>1.9. ამოცანების ამოხსნა</p> <p>1.10. სიჩქარეთა შეკრების კანონი</p> <p>1.11. შეცვლადებული გაცვითი პირველი თავის მოკლე დასკვნები</p>	<p>მოძრაობის ფარდობითობა, მატრიალური წერტილი, ტრანსფორმაცია, გადაადგილება, გავლელი მანძილი, გადატანითი და ბრუნვითი მოძრაობა, ათვლის სისტემები, ვექტორები და სკალარები, სიჩქარე, წრფივი თანაბარი მოძრაობა.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თანაბარი მოძრაობა, თუ სხეული მუდმივი სიჩქარით მოძრაობს;</li> <li>• სხეულის მოძრაობა ან უძრაობა ათვლის სისტემის არჩევანზე დამოკიდებული;</li> <li>• სხეულის მოძრაობის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელი მისი სიჩქარეა;</li> <li>• მოძრაობა (სიჩქარე და მიმართულება) სხვადასხვა ათვლის სხეულის მიმართ განსხვავებულია.</li> </ul>	<p>მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის მოძრაობის დამახასიათებელ პარამეტრებზე (ტრანსფორმაცია, ათვლის გზა, ათვლის სხეული, ნივთიერი წერტილი, გადაადგილება, სიჩქარე, სამუხალო სიჩქარე, ინერცია) მსჯელობა <b>(ფიზ. საბ. 1, 4, 5, 6);</b></li> <li>• წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკული გამოხატვა;</li> <li>• ათვლის სისტემისა და ათვლის სხეულის შიშვენილობაზე, მოძრაობის ფარდობითობაზე არგუმენტირებული მსჯელობა <b>(ფიზ. საბ. 4, 5);</b></li> <li>• ვექტორული და სკალარული სიდიდეების დასახაზება <b>(ფიზ. საბ. 7, 8);</b></li> <li>• სიჩქარეთა შეკრების კანონის დაკვირვება სხვადასხვა ცხოვრებისეულ პრობლემაზე. პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა <b>(ფიზ. საბ. 4, 5, 6, 7, 8, 9);</b></li> <li>• სხეულთა სიჩქარის როლის შეფასება ბუნებასა და ყოფი-ცხოვრებაში <b>(ფიზ. საბ. 10, 11);</b></li> <li>• სხეულთა მოძრაობის სახეების ცოდნის დაკვირვება სხვადასხვა პროფესიის/სამეცნიერო სფეროსთან <b>(ფიზ. საბ. 10, 11, 12).</b></li> </ul>	<p>12 საათი</p>

\* საათების მითითებული რაოდენობა სარეკომენდაციო და არა სავალდებულო.

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა*
<p>2. არათანაბარი მოძრაობა</p> <p>2.1. არათანაბარი მოძრაობა. საშუალო სიჩქარე</p> <p>2.2. წრფივი თანაბარჩქარეული მოძრაობა. აჩქარება</p> <p>2.3. თანაბარჩქარეული მოძრაობის გრაფიკული გამოსახვა</p> <p>2.4. გადაადგილება თანაბარჩქარეული მოძრაობისას</p> <p>2.5. ამოცანების ამოხსნა</p> <p>2.6. თავისუფალი ვარდნა</p> <p>2.7. მრუდწირული მოძრაობა</p> <p>2.8. სიჩქარე წრეწირზე მოძრაობისას</p> <p>2.9. აჩქარება მრუდწირული მოძრაობისას</p> <p>2.10. არათანაბარი მოძრაობის ექსპერიმენტული კვლევა</p> <p>2.11. შემავარდნული გაკვეთილი მეორე თემის მოკლე დასკვნები</p>	<p>არათანაბარი მოძრაობა. საშუალო სიჩქარე, სიჩქარის ცვლილება – აჩქარება, ვექტორული სკალარული სიდიდეები, გადაადგილება, თავისუფალი ვარდნა, მრუდწირული მოძრაობა, აჩქარება მრუდწირული მოძრაობისას.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• თანაბარჩქარეული მოძრაობისას სხეულის სიჩქარე ერთნაირად იცვლება დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედში.</li> <li>• აჩქარება არის სიჩქარის ცვლილების სისწრაფე. აჩქარება ვექტორული სიდიდეა.</li> <li>• თანაბარჩქარეული მოძრაობისას აჩქარება მუდმივი სიდიდეა.</li> <li>• წრეწირზე თანაბრად მოძრაო სხეულის აჩქარება ცენტრისკენაა მიმართული.</li> <li>• აჩქარების დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი არის, დროთა ღერძის პარალელური წრფე.</li> <li>• კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი არის პარაბოლა.</li> <li>• თავისუფალი ვარდნა თანაბარჩქარეული მოძრაობაა.</li> </ul>	<p><b>მატერია</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ათვლის სისტემის, ნივთიერი წრებილის და იხერციის მნიშვნელობაზე მსჯელობა არათანაბარი და მრუდწირული მოძრაობის ანალიზისას (ფიზ. საბ. 1, 2, 3, 6);</li> </ul> <p><b>მოძრაობა და ცვლილებები</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის არათანაბარი მოძრაობის დამახასიათებელ პარამეტრებზე მსჯელობა (ფიზ. საბ. 1, 2, 3, 6);</li> <li>• მრუდწირული მოძრაობის დამახასიათებელ პარამეტრებსა და მათი ცვლილების მნიშვნელობაზე მსჯელობა (ფიზ. საბ. 1, 2, 3, 6);</li> </ul> <p><b>კვლევა</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• წრფივი თანაბარჩქარეული და მრუდწირული მოძრაობის გრაფიკების საშუალებით პრობლემებზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა (ფიზ. საბ. 4, 5, 6, 7, 8, 9);</li> </ul>	<p>12 საათი</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მკვიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა*
<p>3. ბუნების ძალები. არეიმიდეს ძალა</p> <p>3.1. ძალა</p> <p>3.2. ამომდევნი ძალის ექსპერი-მენტული კვლევა</p> <p>3.3. არეიმიდეს კანონი</p> <p>3.4. სხეულის ცურვის პირობების ექსპერიმენტული კვლევა</p> <p>3.5. სხეულის ცურვის პირობები</p> <p>3.6. გემების ცურვა და ჰაერნაოს-ნობა</p> <p>37. მშრალი ხახუნი</p> <p>3.8. სველი ხახუნი</p> <p>3.9. შემჯამებელი გაკვეთილი მესამე თავის მოკლე დასკვნები</p>	<p>ძალა, არეიმიდეს (ამომდევნი) ძალა, სხეულთა ცურვა, სველი ხახუნი</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის წონა ძალა.</li> <li>• არეიმიდეს ძალა რიცხო-ბრივად ტოლია სხეულის მიერ გამოდენილი სითხის წონისა.</li> <li>• არეიმიდეს კანონი სამართლიანია სითხეებისა და აირებისთვის (არ არის სამართლიანი უზონადობის მდგომარეობაში).</li> <li>• სხეული სითხეში იძირება, თუ მისი სიმკვრივე მეტია სითხის სიმკვრივეზე.</li> <li>• სხეული ცურავს სითხე-ში ნებისმიერ სიღრმეში, თუ სხეულისა და სითხის სიმკვრივეები ტოლია.</li> <li>• სხეული ამოტივტივდება სითხის ზედაპირზე, თუ მისი სიმკვრივე ნაკლებია სითხის სიმკვრივეზე.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულზე მოქმედი სხვადასხვა ტიპის ძალების როლის შეფასება ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში <b>(ფიზ.საბ. 10, 11);</b></li> <li>• სხეულთა ცურვის პირობების ლაბორატორიული შესწავლა მოდელის საშუალებით.</li> <li>• პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა <b>(ფიზ.საბ.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9);</b></li> <li>• ცურვის პირობების ცოდნის დაკავშირება სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან <b>(ფიზ.საბ.10,11,12).</b></li> </ul>	<p>9 საათი</p>

თემის დასახელება	თემის ფარგლებში დასამუშავებელი ცნებები	მეკიდრი წარმოდგენები	შეფასების ინდიკატორები	სასწავლო დროის ხანგრძლივობა*
<p>4. სხულთა ურთიერთქმედება, ნუტონის კანონები</p> <p>4.1. ინერციის მოვლენის ექსპერიმენტული კვლევა</p> <p>4.2. ნუტონის პირველი კანონი</p> <p>4.3. სხულთა ინერტულობის ექსპერიმენტული კვლევა</p> <p>4.4. სხულთა ინერტულობა, მასა</p> <p>4.5. ნუტონის მეორე კანონი</p> <p>4.6. სხულთა ურთიერთქმედების ექსპერიმენტული კვლევა</p> <p>4.7. ნუტონის მესამე კანონი</p> <p>4.8. ამოცანების ამოხსნა</p> <p>4.9. მსოფლიო მიზიდულობის კანონი</p> <p>4.10. ერთი ძალით გამოწვეული სხულთა მოძრაობა</p> <p>4.11. სხულთა წონის ექსპერიმენტული კვლევა</p> <p>4.12. წონა და უწონობა</p> <p>4.13. ამოცანების ამოხსნა</p> <p>4.14. მოძრაობა წრეწრეზე</p> <p>4.15. პირველი კოსმოსური სიჩქარე</p> <p>4.16. ხელოფური თანამგზავრები</p> <p>4.17. სხულთა წონასწორობის პირობები</p> <p>4.18. გადაბმული სხულთების მოძრაობა</p> <p>4.19. პირობებისაღმდეგ კუთხით გასროლილი სხულთის მოძრაობა</p> <p>4.20. ამოცანების ამოხსნა</p> <p>4.21. მოძრაობის ექსპერიმენტული კვლევა</p> <p>4.22. სხულთისა და ძალის იმპულსი</p> <p>4.23. იმპულსის მუდმივობის კანონი</p> <p>4.24. იმპულსური ზეშაობა</p> <p>4.25. მექანიკური ენერჯის მუდმივობის კანონი</p> <p>4.26. ამოცანების ამოხსნა</p> <p>4.27. მუხვამებულის გე კვეთილი მეთოდი თავის მოკლე დასაცნები ცოდნის შეკამება</p>	<p>აირვლის ინერციული და არაინერციული სისტემები, ურთიერთქმედების, მუდმივი, ნუტონის კანონები, ენერჯის (ენერჯის მუდმივობა, ენერჯის გარდაქმნა), იმპულსი.</p>	<p>• სხულზე შეიძლება სხვადასხვა ტიპის (სიმძიმის, დრეკადობის, მიზიდულობის, ხახუნის) ძალები მოქმედებდნენ;</p> <p>• ძალის მოქმედების შედეგად სხული იცვლის სიჩქარეს, მოძრაობის მიმართულებას ან/და განივდის დეფორმაციას;</p> <p>• ძალა ვექტორული სიდიდეს;</p> <p>• ჩაატარო სისტემაში ჯამი გულ სხულთა იმპულსების კამი მუდმივი სიდიდე, ამ სხულთების ნებისმიერი ურთიერთქმედებისას</p> <p>• ჩაკეტულ სისტემაში შეიძლება სხულთა მექანიკური ენერჯის კამი მუდმივი სიდიდე, თუ ეს სხულთები ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ მიზიდულობის ან დრეკადობის ძალებით</p> <p>• სხული უძრავია ან მოძრაობს თანაბრად და წრეფივად, თუ მასზე მოქმედებ ძალები ერთმანეთს ტოლია;</p> <p>• სხულთის აჩქარება მის მასაზე და მასზე მოქმედ ძალებზე დამოკიდებული;</p> <p>• ენერჯის იმპულსი ტოლი და საპირისპირო უკუენერჯის;</p> <p>• ყველა სხული მოძრაობას ერთმანეთს ძალით, რომელიც მათი მასების პროპორციულია და მათ შორის მანძილის კვადრატის უკუპროპორციული.</p> <p>• თანამგზავრები მოძრაობენ პლანეტის მიზიდულობის ძალის გავლენით, მათში მყოფი სხულთები უწონობის მდგომარეობაში არიან.</p>	<p><b>მოძრაობა და ცვლადობები</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ნუტონის კანონების საშუალებით სხულთა მოძრაობის დაკავშირება მასზე მოქმედ ძალებთან (ფიზ.საბ. 2.3,7);</li> <li>• მსოფლიო მიზიდულობის ძალის დაკავშირება პლანეტების ხელიოფური თანამგზავრისა და კოსმოსური სადგურების მოძრაობისთან (ფიზ.საბ.2.3,4,7,8,10,11);</li> </ul> <p><b>ენერჯია და ურთიერთქმედება</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• იმპულსის შენახვის კანონის დაკავშირება დაჯახებებთან და რეაქტიული მოძრაობისთან (ფიზ.საბ. 2.3,7);</li> </ul> <p><b>კვლევა</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ნუტონის კანონების ლაბორატორიული შესწავლა, პირობებზე დამოკიდებული ამოცანების გადაჭრა (ფიზ. საბ.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9);</li> <li>• სხულზე მოქმედ ძალების შეფასება ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში (ფიზ.საბ. 10, 11);</li> <li>• ნუტონის კანონების დაკავშირება სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან (ფიზ.საბ.10,11,12).</li> </ul>	<p>30 საათი</p>



## მატრიცა. კომპლექსური დავალებები

<p><b>თემა:</b> მექანიკური მოძრაობა</p> <p>საკითხები და ქვეცნებები:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. მექანიკური მოძრაობა</li> <li>2. წრფივი თანაბარი მოძრაობა</li> <li>3. არათანაბარი მოძრაობა</li> <li>4. მრუდწირული მოძრაობა</li> </ol>	<p>საათების სავარაუდლო რაოდენობა — 4-5</p> <p><b>თემატური მკვიდრი წარმოდგენები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• სხეულის მდებარეობის ცვლილებას სხვა სხეულის მიმართ მექანიკური მოძრაობა ეწოდება;</li> <li>• სხეულის მოძრაობა შეიძლება განსხვავდებოდეს ტრანსლაციური ფორმითა და სიჩქარით;</li> <li>• მექანიკის ძირითადი ამოცანაა, განვსაზღვროთ სხეულის მდებარეობა დროის ნებისმიერ მომენტში;</li> <li>• წრფივი თანაბარი მოძრაობისას სხეულის სიჩქარის მოდული და მიმართულება მუდმივია;</li> <li>• ტრანსლაცია არის წირი, რომელსაც აღწერს სხეული არჩეული ათვლის სისტემის მიმართ;</li> <li>• ტრანსლაცია ფარდობითია, მისი ფორმა დამოკიდებულია ათვლის სისტემის არჩევანზე;</li> <li>• არათანაბარი მოძრაობისას სიჩქარე ცვლადი სიდიდეა;</li> <li>• არათანაბარი მოძრაობა ხასიათდება საშუალო სიჩქარით;</li> <li>• გავლილი მანძილი არის სხეულის მიერ ტრანსლაციის გასწვრივ გავლილი გზის სიგრძე და სკალარული სიდიდეა;</li> <li>• წრფის მიმართულ მონაკვეთს, რომელიც სხეულის საწყის მდებარეობას აერთებს საბოლოო მდებარეობასთან, გადაადგილება ეწოდება და გვექვორული სიდიდეა;</li> </ul> <p><b>თემატური საკვანძო შეკითხვები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რა პირობები უნდა იყოს დაცული სხეული რომ მექანიკურ მოძრაობას ასრულებდეს?</li> <li>• რას ეწოდება თანაბარი მოძრაობა?</li> <li>• რას ეწოდება თანაბარჩქარეული მოძრაობა?</li> <li>• რაში მდგომარეობს მოძრაობის ფარდობითობა?</li> <li>• რას ეწოდება ტრანსლაცია?</li> <li>• რა სახის ტრანსლაციები არსებობს?</li> <li>• რატომ არის ტრანსლაცია ფარდობითი?</li> <li>• რა განსხვავებაა სკალარულ და ვექტორულ სიდიდეებს შორის?</li> <li>• რა განსხვავებაა წრფივ და მრუდწირულ მოძრაობას შორის?</li> <li>• რას ეწოდება გადაადგილება?</li> <li>• როგორ გამოითვლება გავლილი მანძილი თანაბარი მოძრაობისას?</li> <li>• როგორ გამოითვლება საშუალო სიჩქარე?</li> <li>• რას ეწოდება მყისი სიჩქარე?</li> </ul>
--	---

<p><b>სამიზნე ცნებები და მათთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები</b> (გრძელვადიანი სასწავლო მიზანი)</p> <p><b>მოძრაობა და ცვლილებები:</b></p> <p>1) სხეულთა მოძრაობა შესაძლებელია განსხვავდებოდეს ტრამეტორიის ფორმით, სიჩქარით ან სიჩქარის ცვლილების ხასიათით. მოძრაობის სახეობა: გადატანითი, ბრუნვითი, რხევითი.</p> <p>2) მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებისა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვჭურვოთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დაიგრაფებთ, ცხრილებით ან სხვა ფორმით.</p> <p>3) მოძრაობის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდე და მოძრაობის ტრამეტორია შესაძლოა განსხვავდებულ იყოს სხვადასხვა ათვლის სისტემის მიმართ, ხოლო ერთსა და იმავე ათვლის სისტემაში მოძრაობის მახასიათებელი სიდიდეების ცვლილება დამოკიდებულია გარეგან ფაქტორებზე.</p>	<p><b>საკითხი/ქმედება</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• შეეხიზიკური მოძრაობა</li> <li>• ათვლის სისტემა</li> <li>• ტრამეტორია</li> <li>• ტრამეტორიის ფარდობითობა</li> <li>• გველი მანძილი</li> <li>• გადაადგილება</li> <li>• სიჩქარე</li> <li>• მყისი სიჩქარე</li> <li>• საშუალო სიჩქარე</li> <li>• თანაბარი მოძრაობა</li> <li>• არათანაბარი მოძრაობა</li> <li>• თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე და გველილი მანძილი.</li> <li>• მრუდწირული მოძრაობა</li> </ul>	<p><b>შედეგები</b></p> <p><b>საკვანძო შეკითხვა / შეკითხვები</b></p> <p>როგორ დაადგენს ტურისტული კომპანია მოცემულ მარშრუტზე მოძრაობის დროს? როგორ ზომავენ ტრამეტორიის სიგრძეს მრუდწირული მოძრაობისას?</p>	<p><b>კომპლექსური დავალება</b> (ტურისტული სასწავლო მიზანი)</p> <p><b>დავალების პირობა:</b> ტურისტული სერვისის დასაწყისისთვის ტურისტულმა კომპანიამ გადაწყვიტა ახალი მარშრუტის შეთავაზება. ტურისტულ კომპანიებს სურდათ რუკაზე გაეზომათ მარშრუტის სიგრძე და დაედგინათ მარშრუტზე მოძრაობის ხანგრძლივობა. ნათის ძმამ, რომელიც ტურისტულ კომპანიაში მუშაობდა, სთხოვა ნათის დახმარებოდა რუკაზე გაეზომათ ზოგიერთი ტურისტული მარშრუტის სიგრძე. რადგან მარშრუტების ტრამეტორია მრუდი წიროა, ამიტომ ისინი სახმაგვ ვერ გამოიყენებდნენ. ნათის გაახსენდა, რომ მას ნახსი ჰქონდა მინი კურვიმეტრი, რომლითაც მცირე სიგრძის მრუდწირული ტრამეტორიის გამოშვება შესაძლებელია. ოსტატებიც სხვადასხვა</p>
---	---	--	---

<p><b>კვლევა:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) კვლევის მეთოდებია: ცდა, ექსპერიმენტი, გამოკითხვა, ინტერვიუ;</li> <li>2) კვლევის დავიდეგა-განხორციელებისას მნიშვნელოვანია: საკვლევი კითხვის დასმა, ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, პროცედურების და რესურსების განსაზღვრა, უსაფრთხოების დაცვა, მონაცემის შეგროვება, ორგანიზება, ანალიზი, დასკვნის ჩამოყალიბება, მიდუღის შექმნა;</li> <li>3) მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარება უწყდება აღმოჩენებს, თეორიებსა და კანონებს;</li> <li>4) კვლევითი უნარების ჩამოყალიბება, მეცნიერების და ტექნოლოგიების მიღწევების ცოდნა საჭიროა სხვადასხვა პროფესიის დაუფლებებისთვის;</li> </ol>	<p><b>კომპლექსური დავალების განხორციელების ეტაპები</b> (აქტივობები, რესურსები, შეკითხვები)</p> <p><b>ეტაპი I – კომპლექსური დავალების ბირობის გაცნობა</b></p> <p>რესურსი 1; 2; 3</p> <p>უბასუხეთ კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რას ეწოდება ტრამეტორია?</li> <li>• რას ეწოდება გადაადგილება?</li> <li>• რას ეწოდება ვექტორული სიდიდე?</li> <li>• რას ეწოდება სკალარული სიდიდე?</li> <li>• რატომ არის გადაადგილება ვექტორული სიდიდე?</li> <li>• როგორი სიდიდეა გავლილი მანძილი თუ ვექტორული?</li> <li>• რა შეტხვევაში იქნება გავლილი მანძილი გადაადგილების მოდულის ტოლი?</li> <li>• რას ეწოდება თანაბარი მოძრაობა?</li> <li>• რას ეწოდება არათანაბარი მოძრაობისა?</li> <li>• როგორ გამოითვლება სიჩქარე თანაბარი მოძრაობისა?</li> <li>• რომელი ფიზიკური სიდიდეებით ხასიათდება არათანაბარი მოძრაობა?</li> </ul>	<p><b>ეტაპი II – კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა</b></p> <p>რესურსი 1; 4</p> <p>დაუკავშირეთ თქვენი დაკვირვებები სახელმძღვანელოში ან გაკვეთილებზე განხილულ მასალას და პასუხი გაცემით შემდეგ კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ამოცანის ბირობის მიხედვით, რისთვის იყენებენ კურვიმეტრს.</li> <li>• როგორ უნდა გამოიყენოთ კურვიმეტრით მრუდი წირის სიგრძე?</li> <li>• როგორ გამოითვლება საქართველოს საზღვრის სიგრძე, როდესაც იყენებ რუკას, კურვიმეტრს, სახაზავს და ხაზოვან მასშტაბს?</li> <li>• როგორ გამოითვლება საქართველოს საზღვრის სიგრძე სოხუმიდან ბათუმამდე რუკის, კურვიმეტრის, სახაზავისა და ხაზოვანი მასშტაბის გამოყენებით?</li> <li>• როგორ გამოითვლება გადაადგილების მოდული სოხუმსა და ბათუმს შორის რუკის, სახაზავისა და ხაზოვანი მასშტაბის გამოყენებით?</li> </ul>
		<p>ფორმის ნაკვეთის ორნამენტის სიგრძეს კურვიმეტრით ზომავენ. ნათია გადაწყვიტა კურვიმეტრი დაეჭვადებინა.</p> <p><b>შენი დავალება ასეთია:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• მარტივი ექსპერიმენტის გეგმის მიხედვით უნდა დაამზადო კურვიმეტრი;</li> <li>• თვითნაკეთი კურვიმეტრის გამოყენებით უნდა გაზომო რამდენიმე მრუდი წირის სიგრძე;</li> <li>• თვითნაკეთი კურვიმეტრის გამოყენებით გამოთვალო საქართველოს რუკაზე გაზომე საქართველოს საზღვრების სიგრძე და ხაზოვანი მასშტაბის გამოყენებით გამოთვალო საქართველოს რეალური საზღვრის რეალური სიგრძე;</li> <li>• მოიძიე ინტერნეტში საქართველოს საზღვრის სიგრძის მონაცემი და შეადარე რუკით გაზომილ და გამოთვლილ შედეგს;</li> <li>• წარმოიდგინე ავტომობილით მოგზაურობა შავი ზღვის სანაპირო ზოლის გასწვრივ სოხუმიდან ბათუმამდე. კურვიმეტრის გამოყენებით გამოე</li> </ul>

		<p><b>ექსპერიმენტი.</b></p> <p>როგორ დაამზადებ კურვიმეტრს სახელმძღვანელოში მოცემული გეგმის მიხედვით?</p> <p>როგორ გამოითვლი კურვიმეტრის ბორბლის სიგრძეს?</p> <p>კურვიმეტრის ბორბლის დასაგრაფირებლად რამდენ ნაწილად დაყოფ წრიურს?</p> <p>როგორ გამოითვლი თითოეული რკალის სიგრძეს და დააგრაფირებ კურვიმეტრს?</p> <p>როგორ დაადგენ კურვიმეტრის დანაყოფის ფასს?</p> <p>როგორ ვაზომავ კურვიმეტრით მრუდი წირის სიგრძეს?</p> <p>შიოძი ინტერნეტში საქართველოს საზღვრის სიგრძეს და შეადარე რუკაზე შენ მიერ გამოხმლ საქართველოს საზღვრის სიგრძეს.</p> <p><b>კომპლექსური დავალების პრეზენტაცია</b></p> <p>რესურსი</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. სახელმძღვანელო,</li> <li>2. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=muqi-2Giue6A">https://www.youtube.com/watch?v=muqi-2Giue6A</a></li> <li>3. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=NjegiC6rWAI&amp;feature=emb_logo">https://www.youtube.com/watch?v=NjegiC6rWAI&amp;feature=emb_logo</a></li> <li>4. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=REp3_fCEa5c">https://www.youtube.com/watch?v=REp3_fCEa5c</a></li> </ol>
<p>საქართველოს რუკაზე სიხუშესა და ბათუმს შორის სანაპირო ზოლის სიგრძე და ხაზოვანი მასშტაბის გამოყენებით გამოთვალე რა მანძილს გაივლიდი მოგზაურობისას;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ივარაუდე, რა საშუალო სიჩქარით იმორავებს ავტომანქანა და გამოთვალე რა დრო დაგჭირდება სიხუშმიდან ბათუმამდე;</li> <li>• გამოთვალე, რისი ტოლი იქნება შენი გადაადგილების მოდული სიხუშესა და ბათუმს შორის, ამისთვის გამოიყენე საქართველოს რუკა, სახაზავი და ხაზოვანი მასშტაბი;</li> <li>• მოიძიე ინფორმაცია, რა საშუალო სიჩქარით მოძრაობს კატერი და გამოთვალე, რა დრო დაგჭირდება თუ ბათუმიდან სიხუშეში გაემგზავრები ბლვით.</li> <li>• რუკაზე დაგეგმე ერთი ტურისტული მარშრუტი, განსაზღვრე მისი სიგრძე და მოგზაურობის დრო.</li> </ul>		

კომპლექსური დავაება: პურიმიტი

კრიტერიუმი	სამიზნე ცნება	მოძრაობა და ცვლილებები	კვლევა
<p><b>აბსტრაქტული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს სიღრმისეულად აქვს გააზრებული საკითხის არსი / არსობრივი მახასიათებლები, რაც მას ამ ცოდნის განმარტებისა და მისი დეკონსტრუქციის/სხვა მსგავს მავალითთან შედარების საშუალებას აძლევს. უკავშირებს განსახილველ საკითხს საკუთარ პირად გამოცდილებას.</p>	<p>მოსწავლე ახასიათებს მექანიკურ მოძრაობას, თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს, აკავშირებს ამ სიდიდეებს განსახილველ საკითხთან. არგუმენტირებულად მსჯელობს სამიზნე ცნების არსობრივ მახასიათებლებზე (სხეულის მოძრაობის ხასიათს ალწერა ტრაექტორიის მიხედვით არის შესაძლებელი), მოჰყავს მაგალითები ყოველდღიური ცხოვრებიდან და ადეკვატურად აუხაქებს სხეულითა სინქროს ცვლილებების როლს ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.</p>	<p>მოსწავლე ახასიათებს მექანიკურ მოძრაობას, თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს, აკავშირებს ამ სიდიდეებს განსახილველ საკითხთან. არგუმენტირებულად მსჯელობს სამიზნე ცნების არსობრივ მახასიათებლებზე (სხეულის მოძრაობის ხასიათს ალწერა ტრაექტორიის მიხედვით არის შესაძლებელი).</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და ალწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსვლელობას, აშუშავებს მონაცემებს, მსვლელობს შედეგებზე, ამყარებს მიზეზულდებობრივ კავშირს ფიზიკურ სიდიდეებს შორის, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოიყენებს ადეკვატური გამოცდილებიდან. იყენებს მის მიერ შექმნილ თვითნაკეთ ხელსაწყოს. მსვლელობს როგორ გამოიყენოს მიღებული ცოდნა ცხოვრებისეულ სიტუაციაში.</p>
<p><b>მიმართებითი დონე</b></p> <p>მოსწავლეს უსმის განსახილველი საკითხის არსი; ხედავს ურთიერთმიმართებებს საკითხთან დაკავშირებულ არსებით სტრუქტურულ ერთეულებს შორის.</p>	<p>მოსწავლე ახასიათებს მექანიკურ მოძრაობას, თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს, აკავშირებს ამ სიდიდეებს განსახილველ საკითხთან. არგუმენტირებულად მსჯელობს სამიზნე ცნების არსობრივ მახასიათებლებზე (სხეულის მოძრაობის ხასიათს ალწერა ტრაექტორიის მიხედვით არის შესაძლებელი).</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და ალწერს ცდის (ექსპერიმენტის) მსვლელობას, აშუშავებს მონაცემებს, არგუმენტირებულად მსჯელობს შედეგებზე, ამყარებს მიზეზულდებობრივ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოიყენებს ადეკვატური დასკვნები.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და ალწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსვლელობას, აშუშავებს მონაცემებს, მსვლელობს შედეგებზე, ამყარებს მიზეზულდებობრივ კავშირს პირობასთან, გამოთვლებს ასრულებს ნაწილობრივ ან ასრულებს არასწორად.</p>
<p><b>შუალისებრ-სტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაციონალური მომდევნა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლე ახასიათებს მექანიკურ მოძრაობას, ასახელებს მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს. ასახელებს მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს, მაგრამ ვერ აკავშირებს ამ სიდიდეებს განსახილველ საკითხთან ან ეს კავშირი ბუნდოვანია.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და ალწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსვლელობას, აშუშავებს მონაცემებს, მსვლელობს შედეგებზე, მაგრამ ვერ ამყარებს მიზეზულდებობრივ კავშირს პირობასთან, გამოთვლებს ასრულებს ნაწილობრივ ან ასრულებს არასწორად.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და ალწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსვლელობას, აშუშავებს მონაცემებს, მსვლელობს შედეგებზე, მაგრამ ვერ ამყარებს მიზეზულდებობრივ კავშირს პირობასთან, გამოთვლებს ასრულებს ნაწილობრივ ან ასრულებს არასწორად.</p>

<p><b>უნიტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლე ახასიათებს მექანიკურ მოძრაობს, მაგრამ ვერ ახასიათებს სხეულის თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსვლელობას, მაგრამ ვერ ამუშავებს მონაცემებს, ვერ მსჯელობს შედეგებზე.</p>
<p><b>პრესტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია</p>	<p>მოსწავლე ვერ ახასიათებს სხეულის თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს. მოსწავლე მართებულად ვერ იგებს კომბლექსური დავალების ბირობას.</p>	<p>მოსწავლე ვერ იგებს რატომ დაგვიძმოს ცდა (ექსპერიმენტი). ვერ აღწერს მას და არ შეუძლია შედეგის ახსნა. მოსწავლე მართებულად ვერ იგებს კომბლექსური დავალების ბირობას.</p>

## მატრიცა. კომპლექსური დავალებები

<p>თემა: სტატა და დინამიკა</p> <p>სათაბების სავარაუდო რაოდენობა — 10–12</p>	<p><b>საკითხები და ქვეცნებები:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ნიუტონის კანონები</li> <li>2. მსოფლიო მიზიდულობის ძალა</li> <li>3. ამომგდელი ძალა სითხეებსა და აირებში</li> </ol> <p><b>თემატური შვიდობი წარმოდგენები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• სითხეში ან აირში მოთავსებულ სხეულზე მოქმედებს ამომგდები ძალა.</li> <li>• სითხეში ან აირში მოთავსებულ სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალა ყოველთვის სხეულის სიმძიმის და საწინააღმდეგოდ არის მიმართული.</li> <li>• ამომგდები ძალა, ანუ არქიმედის ძალა დამოკიდებულია სითხის სიმკვრივესა და სითხეში ჩაძირული სხეულის მთლიანობაზე.</li> <li>• არქიმედის კანონი სამართლიანია მხოლოდ სითხეებისა და აირებისათვის.</li> <li>• არქიმედის ძალა რიცხობრივად ტოლია სხეულის მთლიანობის წონისა.</li> <li>• როდესაც სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მეტია არქიმედის ძალაზე, მაშინ სხეული იწყებს მოძრაობას სითხის ფსკერისკენ და იძირება.</li> <li>• როდესაც სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა ტოლია არქიმედის ძალაზე, მაშინ სხეული წონასწორობაშია სითხის შიგნით ნებისმიერ ადგილზე.</li> <li>• თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა ნაკლებია არქიმედის ძალაზე, მაშინ სხეული იწყებს მოძრაობას სითხის ზედაპირისკენ და ტრეკვეს სითხის ზედაპირზე.</li> <li>• ძალის მოქმედების შედეგად სხეული იცვლის სიჩქარეს.</li> <li>• ძალა მასისა და აჩქარების ნამრავლის ტოლია.</li> <li>• ყოველი ორი სხეული ერთმანეთზე მოქმედებს მოდულით ტოლი და საწინააღმდეგო მიმართულების ძალით.</li> <li>• სხეულის ორი მასისა და სიჩქარის ნამრავლის სხეულის იმპულსი ეწოდება.</li> <li>• ჩაკეტილი სისტემაში სხეულების იმპულსების ჯამი ურთიერთქმედებამდე ტოლია ამავე სხეულების იმპულსების ჯამისა ურთიერთქმედების შემდეგ.</li> <li>• მექანიკური ენერჯის სახეობა: პოტენციური და კინეტიკური ენერჯია.</li> <li>• სხეულის კინეტიკური და პოტენციური ენერჯების ჯამს სრული მექანიკური ენერჯია ეწოდება.</li> <li>• ჩაკეტილი სისტემაში სრული მექანიკური ენერჯია მუდმივი სიდიდეა.</li> <li>• პოტენციური ენერჯია შეიძლება კინეტიკურში გარდაიქმნას და პირიქით.</li> </ul> <p><b>თემატური სავაძიო შეკითხვები:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რა ძალები მოქმედებს სითხესა და აირში მოთავსებულ სხეულზე?</li> <li>• როგორ არის მიმართული არქიმედის ამომგდები ძალა?</li> <li>• რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა დამოკიდებული არქიმედის ძალა?</li> </ul>
---	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• რატომ არ არის სამართლიანი არქიმედეს კანონი მყარი სხეულებისათვის</li> <li>• რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა დამოკიდებული ამომგდები ძალა?</li> <li>• რომელი ფორმული სიდიდეებს შორის ამყარებს დამოკიდებულებას არქიმედეს კანონი?</li> <li>• რომელი ფორმულით გამოითვლება არქიმედეს ამომგდები ძალა?</li> <li>• როდის ცვრავს სხეული სითხეში?</li> <li>• როდის ტრეტივებს სხეული სითხეში?</li> <li>• როდის იძირება სხეული?</li> <li>• როდის არ მოქმედებს სითხეში მოთავსებულ სხეულზე არქიმედეს ძალა?</li> <li>• რატომ არ სრულდება არქიმედეს კანონი კოსმოსურ ხომალდებში?</li> <li>• რატომ არის კოსმოსური რაკეტის მოძრაობა რეაქტიული?</li> <li>• რატომ მოძრაობს რაკეტიდან გამოფრქვეული საწვავი და რაკეტა ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეს?</li> <li>• მოძრაობის რომელი კანონი ვლინდება რაკეტის აფრენისას?</li> <li>• რა უდრის რაკეტის იმპულსი აფრენამდე?</li> <li>• როგორ ვლინდება იმპულსის შედვივობის კანონი რეაქტიული მოძრაობისას?</li> <li>• მექანიკური ენერჯის რა სახეები არსებობს?</li> <li>• რომელ ენერჯიად გარდაიქმნება რაკეტის საწვავის წვის ენერჯია?</li> <li>• როგორ ვლინდება ბუნებასა და ტექნიკაში რეაქტიული მოძრაობა?</li> </ul>
--

<p><b>სამიზნე ცნებები და მათთან დაკავშირებული მკვიდრი წარმოდგენები</b></p> <p><b>მატერიალი:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) მატერიის ორი სახის, ნივთიერებისა და ველის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები სხვადასხვა გარემოებაზე და დამოკიდებულება:             <ol style="list-style-type: none"> <li>ა) ნივთიერების მკვირვებ, ტემპერატურაზე, და გარემო პირობებზე.</li> <li>ბ) ველის შემქმნელი ობიექტების ურთიერთდებამოკიდებულება და მათ მიერ ველის შექმნის უნარზე.</li> </ol> </li> <li>2) მატერიის სახეების ფიზიკური თვისებები და მათი ცვლილებები მრავალი გარემოებითი აისხანება:</li> </ol>	<p><b>იტაბი</b></p> <p><b>საკვანძო შეკითხვა / შეცთხვები</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რა ძალები მოქმედებს სითხეში მოთავსებულ სხეულზე?</li> <li>• სად უფრო მეტი ამომგდები ძალა მოქმედებს სხეულზე, ზღვაზე თუ მტკნარ ტბაზე?</li> <li>• როგორ ვლინდება არქიმედეს კანონი ბუნებაში?</li> <li>• როგორ ვლინდება არქიმედეს კანონი ყოფა-ცხოვრებაში?</li> </ul>	<p><b>1. კომპლექსური დავალება</b></p> <p><b>შავი ზღვა და ცურვის პირობები</b></p> <p>რა ჯობია ზაფხულში შავ ზღვაზე ცურვასა და წყალში ყვირთვას. ნინო ბათუმში ისვენებდა, როცა ისრაელიდან მეგობარმა სურათი გამოუგზავნა. სურათზე ნინოს მეგობარი მკვდარი ზღვის ბედაპირზე ტრეტივებდა და წიგნს კითხულობდა, მაგრამ წყალში ჩაყვინთვა/ჩაძირვა არ შეეძლო. ნინოს კი პირქით, თავისუფლად შეეძლო ცურვა და ყვირთვა შავი ზღვის სიღრმეში. ნინო დაინტერესდა, რატომ იყო ადვილი ტრეტივი მკვდარ ზღვაზე, ხოლო ჩაყვინთვა შეუძლებელი დაეხმარე ნინოს საკითხის გარკვევაში.</p>
---	---	---



<p>ა) ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქსოლურად მოძრაობით, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით, მათ შორის შუალედების არსებობით და სამივე მათგანის ცვლილებით;</p> <p>ბ) გეოლის წარმოქმნილი ობიექტების მოძრაობით, სივრცული განლაგებით და ამ ობიექტების მიერ მოცემული გეოლის წარმოქმნის უნარით.</p> <p>ვ) მანერის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების კავშირი ერთმანეთთან და მათი ცვლილების გამოწვევც სხვა ფიზიკურ სიდიდეებთან შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.</p> <p><b>მოძრაობა და ცვლილებები:</b></p> <p>1) სხეულთა მოძრაობა შესაძლებელია განსხვავდებოდეს ტრაექტორიის ფორმით, სიჩქარით ან სიჩქარის ცვლილებების ხასიათით. მოძრაობის სახეებია: გადატანითი, ბრუნვითი, რხევითი.</p> <p>2) მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის ან/და ამ სიდიდეებისა და მათი ცვლილების მიზეზებს შორის დამოკიდებულება შესაძლებელია აღვწეროთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დიაგრამებით, ცხრილებით ან სხვა ფორმით.</p> <p>3) მოძრაობის მახასიათებელი ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდე და მოძრაობის ტრაექტორია შესაძლოა განსხვავებული იყოს სხვადასხვა ათვლის სისტემის მიმართ, ხოლო ერთს და იმავე ათვლის სისტემაში მოძრაობის მახასიათებელი სიდიდეების ცვლილება დამოკიდებულია გარემოს ფაქტორებზე.</p>		<p><b>დავალებებზე მუშაობის დროს საზგანმანათლებლო მიზნები:</b></p> <p>1) რას ეწოდება ძალა და რა არსებითი ნიშნებით ხასიათდება იგი?</p> <p>2) რა ძალები მოქმედებს სხეულზე სითხის და აირში? ჩამოაყალიბე არქიმედეს კანონი.</p> <p>3) შეადგინე სქემატური ნახაზი: გამოსახე სითხის მოთავსებულ სხეულზე მოქმედი ძალები და მათი ტოლქმედი, როდესაც: ა. სხეული ცურავს, ბ. სხეული ეძვრება, გ. სხეული იძირება</p> <p>4) გამოთქვი ვარაუდი, როგორ განლაგდება სხვადასხვა სიმკვრივის სითხეები ერთ ჭურჭელში და შეამოწმე ექსპერიმენტით.</p> <p>5) სიმკვრივის ცხრილის გამოყენებით დაადგინე, თუ როგორ განლაგდება ჭურჭელში ჩასხმულ სითხეებში სხვადასხვა მყარი სხეული და შეამოწმე ექსპერიმენტით.</p> <p>6) გამოიტანე დასკვნა, რატომ განსხვავდება ჭურვის პირობები შავ და მკვდარ ზღვაზე.</p> <p>7) მოიხიე ინფორმაცია, როგორ ვლინდება არქიმედეს კანონი ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.</p> <p>8) ახსენი, რატომ აქვთ გარსმდენი ფორმა გემებსა და თვითმფრინავებს</p>
---	--	--

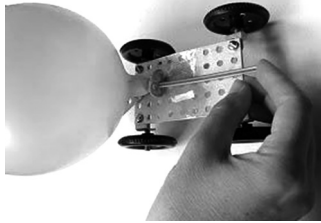
<p><b>ენერგია და ურთიერთქმედება</b></p> <p>1) სისტემის შემადგენელ სხეულებს მათი მოძრაობისა და სხვა სხეულებთან ურთიერთქმედების გამო, ასევე სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და მათი ერთმანეთთან ურთიერთქმედების გამო შესაძლებელია გაანჩნდეთ სხვადასხვა სახის ენერგია (მექანიკური, შინაგანი, ელექტროული და ა.შ.). თუ სისტემა ჩაკეტილია, შესაძლებელია სისტემის შემადგენელი სხეულების ენერგიები იცვლებოდეს, გარდაიქმნას ერთი სახიდან მეორეში, მაგრამ სისტემის სრული ენერგია მუდმივი სიდიდითაა. 2) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერგის ცვლილება განისაზღვრება მის მიერ (მასზე გარე ძალების მიერ) შესრულებული მუშაობით ან/და თბოგადაცემით, ხოლო ამ სხეულის (სხეულთა სისტემის) მიერ შესრულებული მუშაობის (ენერგიის ცვლილების) სისწრაფე ამ სხეულის (სხეულთა სისტემის) მიერ განხორციელებულ სიმძლავრეს განსაზღვრავს.</p> <p>3) სხეულის (სხეულთა სისტემის) ენერგებისა და მათი ცვლილების დამოკიდებულება ენერგიების ცვლილების გამოაჩვენებ მძებნებთან შესაძლებელია აღვწყოთ ანალიზურად, გრაფიკულად, დაზოგადებით, ცხრილებით და სხვა მეთოდებით.</p>	<p><b>ამტვობობი:</b></p> <p><b>ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა რესურსი 1; 2; 4</b></p> <p>უპასუხეთ კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>რომელი ფიზიკური სიდიდით ხასიათდება სხეულთა ურთიერთქმედება?</li> <li>რა არის ძალის ერთეული?</li> <li>სიმძიმის ძალი გარდა, რა ძალა მოქმედებს სითხეში მოთავსებულ სხეულზე?</li> <li>რომელი ფორმული გამოითვლება არქიმედის ძალა?</li> <li>რა თანაფარდობაა სითხეში მოთავსებულ სხეულზე მოქმედ ძალებს შორის, როდესაც სხეული: ა. იძირება, ბ. ტივტივებს. გ. ცურავს?</li> <li>როგორი თანაფარდობა უნდა იყოს სითხისა და სხეულის სიმკვრივეს შორის, რომ სხეული სითხეში ა. ცურავდეს? ბ. ტივტივდეს? გ. იძირებოდეს?</li> <li>სად უფრო მეტი ამომტვები ძალა მოქმედებს ერთსა და იმავე სხეულზე, შვე გლვამე თუ მკვდარ გლვამე?</li> <li>რატომ იძირება სხეული შვე გლვამე და იგივე სხეული კი მკვდარ გლვამე ტივტივებს?</li> <li>რატომ არის შეუძლებელი ჩაყვინთვა და სიღრმეში ცურვა მკვდარ გლვამე?</li> <li>რატომ არის შესაძლებელი შვე გლვამე ჩაყვინთვა და სიღრმეში ცურვა?</li> <li>როგორ გამოითვლი არქიმედის ძალას, თუ ცნობილია სხეულის წონა ჰაერსა და წყალში?</li> <li>როგორი ბუნებისაა სიმძიმისა და ამომტვები ძალა?</li> </ul> <p><b>ეტაპი II – კომპლექსური დავალებამე მუშაობა რესურსი 1; 3</b></p> <p>დაუკავშირე შენი დავკვრებები სხელმძღვანელოში ან ბაკვითილზე განხილულ მასალას და პასუხი ბაკვით შემდეგ კითხვებს:</p>
---	--

<p>4) სხეულებს შორის ურთიერთქმედება რაოდენობრივად ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით ძალით და იგი შესაძლებელია იყოს ოთხი სხვადასხვა სახის (გრაფიკული, ელექტრომაგნიტური, ძლიერი, სუსტი). ეს ურთიერთქმედება ყოველთვის ორმხრივია და ხორციელდება უშუალო „კონტაქტით“ ან ველის საშუალებით.</p> <p>5) სხეულზე ერთი ძალის ან ძალების ტოლქმედის მოქმედება იწვევს ამ სხეულის სირქარის ცვლილებას ან/და მის დეფორმაციას, ძალის (ტოლქმედის) მოქმედების შედეგი კი დამოკიდებულია მის მოდულზე, მიმართულებაზე, მოდების წერტილზე, მოქმედების ხანგრძლივობაზე და სხეულის იმ ზედაპირის ფართობზე, რომელზეც ეს ძალა (ტოლქმედი) მოქმედებს. ამასთან, თუ გარე ძალა აწარმოებს წნევას სითხეზე ან აირზე, წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირად ვრცელდება.</p> <p>6) სხეულთა სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ტოლქმედის მიზნულობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ენერჯიისა და იმპულსის ცვლილებებს, ხოლო მყარ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედისა და ამ ძალების მომენტების ჯამის მიზნულობა – სხეულის წონასწორობის პირობას.</p>	
<p>• ამოცანის პირობის მიხედვით როგორ განლაგდება სითხეები ჭურჭელში?  • რატომ განლაგდნენ სითხეები ჭურჭელში გარკვეული თანმიმდევრობით?  • თუ სხეულის სიმკვრივე მეტა სითხის სიმკვრივეზე, სხეულის ცურვის პირობების მიხედვით, როგორ მდგომარეობაშია სითხეში მოთავსებული სხეული?  • თუ სხეულის სიმკვრივე ტოლია სითხის სიმკვრივის, სხეულის ცურვის პირობების მიხედვით, როგორ მდგომარეობაშია სითხეში მოთავსებული სხეული?  • თუ სხეულის სიმკვრივე ნაკლებია სითხის სიმკვრივეზე, სხეულის ცურვის პირობების მიხედვით, როგორ მდგომარეობაშია სითხეში მოთავსებული სხეული?  • არქიმედეს კანონის თანახმად, რაზეა დამოკიდებული ამომგდები ძალის სიდიდე?  • სად უფრო მეტი არქიმედეს ძალა მოქმედებს შავ ზღვაზე თუ მკვდარ ზღვაზე?  • როგორ დაადგენ სხეულის პირობებს, სიმკვრივის ცხრილის მიხედვით?</p> <p><b>ექსპერიმენტი.</b>  მინის ჭურჭელში ჩაასხი გლიცერინი, წყალი და მესუსპირის ფითი. ჩაყარე ფისის, ხის, ალასტმასისა და რემინის ნაჭრები სითხიან ჭურჭელში. დააკვირდი მათ განლაგებას სითხეებში. გამოიყენე სიმკვრივის ცხრილი, დაადგინე მოცემული სხეულების სიმკვრივების მიხედვით ცურვის პირობები და შეადარე ექსპერიმენტის შედეგებს.  საჭირო რესურსები: მინის ჭურჭელი, სამი შეურეველი სითხე; გლიცერინი, წყალი, მესუსპირის ფითი, ფისი, ხის, რემინისა და ალასტმასის პატარა ნაჭრები.</p> <p><b>კომპლექსური დავალების პრეზენტაცია</b></p>	

საკითხი/კმეცნება	I ეტაპი	საკვანძო შეკითხვა / შეკითხვები	2. კომპლექსური დავალება
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ნიუტონის მესამე კანონი</li> <li>• რეაქტული მოძრაობა</li> <li>• იმპულსის მუდმივობის ენერგია</li> <li>• მექანიკური ენერგია</li> <li>• მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი</li> <li>• ძალა</li> <li>• იმპულსი</li> <li>• ძალის იმპულსი</li> <li>• კინეტიკური ენერგია</li> <li>• პოტენციური ენერგია</li> <li>• სრული მექანიკური ენერგია</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორ შეძლო აღამიანმა რაკეტის კოსმოსში გამკევა?</li> <li>• რა მნიშვნელობა აქვს კოსმოსის ათვისებას</li> <li>• კაცობრიობისათვის?</li> </ul>	<p>რეაქტული მოძრაობა და კოსმოსის ათვისება</p> <p>ნიუტონის აბრაჰამი ექსპერიმენტი პრაქტიკულად განხორციელდა 1957 წლის 4 ოქტომბერს, როდესაც დედამიწიდან გაშვებულ იქნა პირველი კოსმოსური ხომალდი, დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი. იმავე წელს კოსმოსში გაუშვეს ხელოვნური თანამგზავრი, რომელზეც იმყოფებოდა ძალი ლაიკა, პირველი ადამიანი, იური გაგარინი, კოსმოსში გაფრინდა 1961 წლის 12 აპრილს, რითაც დაიწყო ახალი კოსმოსური ერა აღამიანების ცხოვრებაში. 1969 წლის 4 ივლისს ამერიკელმა ასტრონავტმა ნილ არმსტრონგმა პირველმა დააბიჯა მთვარის ზედაპირს.</p> <p>ნიკოლოზი პეტროვიჩი ასტრონავტობაზე მისიის მონაწილე გახდეს, მას აინტერესებდა როგორ შეძლო აღამიანმა კოსმოსში გაფრენა და იქ მრავალი კვლევის ჩატარება. ამისათვის, ნიკოლოზმა ინტერნეტში მოიძია ინფორმაცია ასტრონავტებისა და კოსმოსური ხომალდების შესახებ და დაარწმუნდა, რომ ასტრონავტს ფიზიკურ ჯანმრთელობასთან ერთად მრავალმხრივი განათლება უნდა ჰქონდეს. მან გადაწყვიტა საფუძვლიანად შეესწავლა, თუ როგორ ხდება რაკეტის გაფრენა კოსმოსში.</p>	

<p><b>კვლევა</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) კვლევების მეთოდები: ცდა, ექსპერიმენტი, გამოკითხვა, ინტერვიუ;</li> <li>2) კვლევის დაგეგმვა - განხორციელებისას მნიშვნელოვანია: საკვლევი კითხვის დასმა, ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება, პროცედურების და რესურსების განსაზღვრა, უსაფრთხოების დაცვა, მონაცემის შეროვნება, ორგანიზება, ანალიზი, დასკვნის ჩამოყალიბება, მოდელის შექმნა;</li> <li>3) მეცნიერების და ტექნოლოგიების განვითარება ეფუძნება აღმოჩენებს, თეორიებს და კანონებს;</li> <li>4) კვლევითი უნარების ჩამოყალიბება, მეცნიერების და ტექნოლოგიების მიწვივების ცოდნა საჭიროა სხვადასხვა პროფესიის დაუფლებათვის;</li> </ol>	<p><b>აქტივობები:</b></p> <p><b>კომპლექსური დავალების განხორციელების ეტაპები (აქტივობები, რესურსები, შეკითხვები)</b></p> <p><b>ეტაპი I – კომპლექსური დავალების პირობის გაცნობა</b></p> <p><b>რესურსი 1 ; 2; 3; 6</b></p> <p>უპასუხეთ კითხვებს:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• რას უწოდებენ სხეულის იმპულსს?</li> <li>• რა არის იმპულსის ერთეული?</li> <li>• რა არის ძალის იმპულსი?</li> <li>• რა კავშირია ძალის იმპულსის მუდმივობის კანონი?</li> <li>• რაში მდგომარეობს იმპულსის მუდმივობის კანონი?</li> <li>• რას უწოდებენ დრეკადობის ძალას?</li> <li>• როდის გააჩნია სხეულს კინეტიკური ენერჯია?</li> <li>• როდის გააჩნია სხეულს პოტენციური ენერჯია?</li> <li>• სრული მექანიკური ენერჯია რომელი ენერჯიების ჯამია?</li> <li>• რაში მდგომარეობს ენერჯიის მუდმივობის კანონი?</li> <li>• რას უდრის რაკეტის შექნილი ენერჯია აფრენამდე?</li> <li>• მექნიკური ენერჯიის რომელი სახე აქვს აფრენით რაკეტას?</li> <li>• რა სიჩქარე უნდა მიანიჭო კოსმოსურ ხომალდს, რომ იგი გახდეს დედამიწის ხელოვნური ანიტიბუნ თანამგზავრი?</li> <li>• რა შემთხვევაში ანიტიბუნ კოსმოსურ ხომალდს მეორე და მესამე კოსმოსურ სიჩქარეს?</li> <li>• როგორ ვლინდება ნუტონის მესამე კანონი რაკეტის აფრენისას?</li> <li>• რა მიმართულებით მოძრაობენ სხეულები რეაქტიული მოძრაობისას?</li> <li>• როგორ იყენებენ ყოფი-ცხოვრებაში სატელიტურ ანტენებს?</li> <li>• როგორ გამოიყენება კოსმოსური სადგურები და ხომალდები სხვადასხვა სამეცნიერო კვლევების დროს?</li> <li>• როგორ ვლინდება ბუნებაში რეაქტიული მოძრაობა?</li> </ul> <p><b>კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობა</b></p> <p><b>რესურსი 1; 4; 5</b></p> <p>დაუკავშირეთ თქვენი დავალებები სახელმძღვანელოში ან გაკვეთილზე განხილულ მასალას და პასუხი გაცივთ შემდეგ კითხვებს:</p>	<p><b>დავალებაზე მუშაობის დროს ხამგასმით წარმოაჩინე:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• როგორ ვლინდება ნუტონის მესამე კანონი რეაქტიული მოძრაობისას?</li> <li>• რა შემთხვევაში ანიტიბუნ კოსმოსურ ხომალდს პირველი, მეორე და მესამე კოსმოსურ სიჩქარეს?</li> <li>• როგორ უკავშირდება იმპულსის მუდმივობის კანონი რეაქტიულ მოძრაობას?</li> <li>• რა კავშირია ძალის იმპულსსა და სხეულის იმპულსს შორის?</li> <li>• რომელია ძალამ გამოიწვია ბუშში მოთავსებული ჰაერის და ბუშტი/მანქანის იმპულსის ცვლილება?</li> <li>• რომელი რეაქტიული გარდაქმნება ბუშში არსებულ ჰაერის ენერჯიას?</li> <li>• რატომ არის ბუშტი/მანქანის მოძრაობა რეაქტიული?</li> <li>• როგორ ვლინდება ნუტონის მესამე კანონი ბუშტი/მანქანის ამოძრავებისას?</li> </ul>
---	--	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რას უდრის ბუშტში მოთავსებული ჰაერისა და ბუშტი/მანქანის იმპულსი ურთიერთქმედებამდე?</li> <li>• როგორ შეიცვლება ბუშტში მოთავსებული ჰაერის იმპულსი ურთიერთქმედების შემდეგ?</li> <li>• როგორ შეიცვლება ბუშტი/მანქანის იმპულსი ურთიერთქმედების შემდეგ?</li> <li>• რას უდრის ბუშტიდან გამოსული ჰაერის ნაკადისა და ბუშტი/მანქანის იმპულსების ჯამი ურთიერთქმედების შემდეგ?</li> <li>• ბუშტიდან ჰაერის გამოსვლისას, რატომ ამოძრავდა მანქანა?</li> <li>• რატომ ამოძრავდა ჰაერის ნაკადი და მანქანა ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით?</li> <li>• რომელი კანონები ვლინდება რეაქტიული მოძრაობისას?</li> <li>• რას უდრის ურთიერთქმედებამდე სისტემის მექანიკური ენერჯია?</li> <li>• რომელი ენერჯია გააჩნია ბუშტში მოთავსებულ ჰაერს?</li> <li>• რომელ ენერჯიად გარდაიქმნება ჰაერის ენერჯია?</li> </ul> <p><b>ექსპერიმენტი</b></p> <p>რეაქტიულ მოვლენაზე დაკვირვების მიზნით გამოიყენე გაბერილი ბუშტი, ურიკა და საწურუბავი. შეადგინე მარტივი ექსპერიმენტის წმგმა და ჩაატარე ცდა. აღწერე დაშვებითი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა.</p> <p><b>საჭირო რესურსები:</b> სათამაშო მანქანა ან ურიკა, ბუშტი, საწურუბავი</p> <p><b>კომპლექსური დავალების პრემენტაცია</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• რომელ სხეულებზე არის მოდებული ურთიერთქმედი ძალები და რა მიმართულება აქვთ მათ?</li> <li>• მოიძიე ინფორმაცია ბუნებაში რეაქტიული მოძრაობის გამოვლენის შესახებ;</li> <li>• ჩაატარე და აღწერე რეაქტიული მოძრაობის ექსპერიმენტი</li> </ul>
--	--	---



	<p>რესურსები:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. სახელმძღვანელო</li> <li>2. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=i0pFHLCuQIQ&amp;fbclid=IwAR1kumhXauJGoEdtSJuWknXLOAVcNJR9_JtQSIHUWIGXUC6cNAaMm8PaI">https://www.youtube.com/watch?v=i0pFHLCuQIQ&amp;fbclid=IwAR1kumhXauJGoEdtSJuWknXLOAVcNJR9_JtQSIHUWIGXUC6cNAaMm8PaI</a></li> <li>3. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=pCWH5OW9IDo">https://www.youtube.com/watch?v=pCWH5OW9IDo</a></li> <li>4. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=LixLUg6b8cs">https://www.youtube.com/watch?v=LixLUg6b8cs</a></li> <li>5. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=r-0-L4wdxZQ&amp;fbclid=IwAR0p-ONqPcxnXJTKGZYhtWU67SnDKRVE4_-KZCyJZNze2h1qZRSZavi2M6c">https://www.youtube.com/watch?v=r-0-L4wdxZQ&amp;fbclid=IwAR0p-ONqPcxnXJTKGZYhtWU67SnDKRVE4_-KZCyJZNze2h1qZRSZavi2M6c</a></li> <li>6. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=fhYMH6KTJMQ&amp;fbclid=IwAR01uibK7YLFbE4lq85LkgKcqMkvDJE-dHPgXNocAcqigpEcDBRyfnPM2Y">https://www.youtube.com/watch?v=fhYMH6KTJMQ&amp;fbclid=IwAR01uibK7YLFbE4lq85LkgKcqMkvDJE-dHPgXNocAcqigpEcDBRyfnPM2Y</a></li> </ol>	
<p><b>შეფასების კრიტერიუმები / კრიტერიუმები</b></p> <p><b>შეფასების ინდიკატორები</b> — მოსწავლემ უნდა შეძლოს:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ნოუტონის კანონების საშუალებით სხეულის მოძრაობის დაკავშირება მისზე მოქმედ ძალებთან (<b>ფიგ.საბ. 2.3.7</b>);</li> <li>• მსოფლიო მიზიდულობის ძალის დაკავშირება ბლანეტების ხელგვეწერი თანამგზავრისა და კოსმოსური სადგურების მოძრაობასთან (<b>ფიგ.საბ.2,3,4,7,8,10,11</b>);</li> <li>• იმპულსის შენახვის კანონის დაკავშირება დაჯახებებთან და რეაქტიული მოძრაობასთან (<b>ფიგ.საბ. 2.3.7</b>);</li> <li>• სიბრტყის კანონების, სხეულთა ცურვის პირობების ლაბორატორიული შესწავლა მოდილების საშუალებით. პრობლემებზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრა (<b>ფიგ.საბ.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9</b>);</li> <li>• სხეულზე მოქმედი სხვადასხვა ტიპის ძალების როლის შეფასება ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში (<b>ფიგ.საბ. 10, 11</b>);</li> <li>• ნოუტონის კანონების და ცურვის პირობების ცოდნის დაკავშირება სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან (<b>ფიგ.საბ.10,11,12</b>).</li> </ul>	

კომპლექსური დავალები: შავი ზღვა და სურვის პირობები

კრიტერიუმი	სამიზნე ცნება	ენერგია და ურთიერთქმედება	კვლევა
<p><b>აბსტრაქტული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს სიღრმისეულად აქვს გააზრებული საკითხის არსი / არსობრივი მახასიათებლები, რაც მას ამ ცოდნის გამოყენებისა და შიში დეკორნენტულობების/სხვა მსგავს მანერითთან შედარების საშუალებას აძლევს. უკავშირებს განსაზღვრულ საკითხს საკუთარ პირად გამოცდილებას.</p>	<p>მოსწავლე ასახელებს სხეულის ურთიერთქმედებას ასახელებს სხეულის ურთიერთქმედების მახასიათებელ პარამეტრებს. აკავშირებს ამ სიდიდებს კანონთან. არაუმეტესობა და მსგავსობის სურვის პირობებზე. მოჰყავს არქიმედის კანონის გამოყენების მაგალითები ბუნებიდან და ყოველდღიური ცხოვრებიდან. მსგავლობს არქიმედის კანონის და ცურვის პირობების გათვალისწინების შემთხვევაში ჰაერსა და წყალში ნიონისობას.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსგავსობას, ამოცანებს მონაცემებს, მსგავსებს შედეგებზე, ამყარებს მიმდევრულ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოაკვს აღიკვეთური დასკვნები. მოჰყავს მსგავსობის პირადი გამოცდილებიდან, მსგავსობის როგორ გამოიყენებს მიღებულ ცოდნას ცხოვრებისეულ სიტუაციაში.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექსპერიმენტის) მსგავსობას, ამოცანებს მონაცემებს, არაუმეტესობა და მსგავსობის შედეგებზე, ამყარებს მიმდევრულ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოაკვს აღიკვეთური დასკვნები.</p>
<p><b>მიმართებითი დონე</b></p> <p>მოსწავლეს ესმის განსახილველი საკითხის არსი; ხელდას და ურთიერთმიმართებებს საკითხთან დაკავშირებულ არსებით სტრუქტურულ ერთეულებს შორის.</p>	<p>მოსწავლე ასახელებს სხეულის ურთიერთქმედების მახასიათებელ პარამეტრებს, აკავშირებს ამ სიდიდებს არქიმედის კანონთან. მსგავსობს სხეულის ცურვის პირობებზე. მოჰყავს არქიმედის კანონის გამოყენების მაგალითები ბუნებიდან და ყოველდღიური ცხოვრებიდან.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექსპერიმენტის) მსგავსობას, ამოცანებს მონაცემებს, მსგავსებს შედეგებზე, ამყარებს მიმდევრულ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოაკვს აღიკვეთური დასკვნები.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექსპერიმენტის) მსგავსობას, ამოცანებს მონაცემებს, მსგავსებს შედეგებზე, ამყარებს მიმდევრულ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოაკვს აღიკვეთური დასკვნები.</p>
<p><b>მულტისტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაციონალური დონე განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით</p>	<p>მოსწავლე ასახელებს სხეულის ურთიერთქმედების მახასიათებელ პარამეტრებს, მაგრამ ვერ აკავშირებს ამ სიდიდებს არქიმედის კანონთან. ასახელებს სხეულის ცურვის პირობებს, მაგრამ ვერ მოჰყავს მსგავსობები ბუნებიდან და ყოველდღიური ცხოვრებიდან.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსგავსობას, ამოცანებს მონაცემებს, მსგავსებს შედეგებზე, მაგრამ ვერ ამყარებს მიმდევრულ კავშირს პირობასთან, გამოთვლებს ასრულებს ნაწილობრივ ან ასრულებს არასწორად.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსგავსობას, ამოცანებს მონაცემებს, მსგავსებს შედეგებზე, მაგრამ ვერ ამყარებს მიმდევრულ კავშირს პირობასთან, გამოთვლებს ასრულებს ნაწილობრივ ან ასრულებს არასწორად.</p>



<p><b>უნიტარუტერული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლე ასახელებს სხეულის ურთიერებების მახასიათებელ პარამეტრებს, მაგრამ ვერ აკავშირებს ამ სიდიდებს არქიმედეს კანონთან. ან ასახელებს სხეულის ცურვის პირობებს, მაგრამ ვერ მოჰყავს მაგალითები ბუნებიდან და ყოველდღიური ცხოვრებიდან.</p>	<p>მოსწავლე გემბავს და აღწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსვლელობას, მაგრამ ვერ აშუშავებს მონაცემებს, ვერ მსჯელობს შედეგებზე.</p>
<p><b>პრესტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.</p>	<p>მოსწავლე ვერ ასახელებს ვერც ერთ ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც დაკავშირებულია არქიმედეს კანონთან. მოსწავლე მართებულად ვერ იგებს კომპლექსური დაგალების პირობას.</p>	<p>მოსწავლე ვერ იგებს რატომ დაგემოს ცდა (ექსპერიმენტი). ვერ აღწერს მას და არ შეუძლია შედეგის ახსნა. მოსწავლე მართებულად ვერ იგებს კომპლექსური დაგალების პირობას.</p>

კომპარატიული რევიზია: ჩეხეთის რესპუბლიკის მთავრობის ანგარიში

კრიტერიუმი	სამიზნე ცნება	მოძრაობა და ცვლილებები	ენერჯია და ურთიერთქმედება	აჩვენება
<p><b>აბსტრაქტული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს სიღრმისეულიად აქვს გააზრებული საკითხის არსი / არსობრივი მახასიათებლები, რაც მას ამ ცოდნის განზოგადებისა და მისი დეკონტექსტუალიზაციის/ სხვა მსგავს მაგალითებთან შედარების საშუალებას აძლევს. უკავშირებს განსახილველ საკითხს საკუთარ პირად გამოცდილებას.</p>	<p>მოსწავლე ახასიათებს რეაქტიული მოძრაობას, ასახელებს რეაქტიული მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს, აკავშირებს ამ სიდიდებს განსახილველ საკითხთან. არგუმენტირებულად მსჯელობს სამიზნე ცნების არსობრივ მახასიათებლებზე (რეაქტიული მოძრაობის დაკავშირება ნიუტონის მესამე კანონთან), მოჰყავს რეაქტიული მოძრაობის მაგალითები ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში, უკავშირებს შეცნობისა და ტექნიკის მიწოდებას, მსჯელობს კოსმოსურ სივრცეებზე.</p>	<p>მოსწავლე ახასიათებს ფიზიკურ სიდიდებს (ძალა, სხეულის იმპულსი, მექანიკური ენერჯია), აკავშირებს მათ რეაქტიული მოძრაობისთან. არგუმენტირებულად მსჯელობს სისქმის ჯამური ენერჯიისა და იმპულსის მუდმივობის კანონზე; სახიდან მორეჟი. მოჰყავს მაგალითები ყოველდღიური ცხოვრებიდან ენერჯიისა და იმპულსის მუდმივობის კანონის გამოყენებზე ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექსპერიმენტის) მსგეულობას, ამოაყვებს მონაცემებს, მსჯელობს შედეგებზე, ამყარებს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოიყენებს ადეკვატური დასკვნები. მოჰყავს მაგალითები პირადი გამოცდილებიდან, მსჯელობს როგორ გამოიყენებს მიღებულ ცოდნას ცხოვრებისეულ სიტუაციაში.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექსპერიმენტის) მსგეულობას, ამოაყვებს მონაცემებს, არგუმენტირებულად მსჯელობს შედეგებზე, ამყარებს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოიყენებს ადეკვატური დასკვნები.</p>
<p><b>მიამართებითი დონე</b></p> <p>მოსწავლეს ესმის განსახილველი საკითხის არსი; ხედავს ურთიერთმომართებელ საკითხთან დაკავშირებულ არსებით სტრუქტურულ ერთეულებს შორის.</p>	<p>მოსწავლე ახასიათებს რეაქტიული მოძრაობას, ასახელებს რეაქტიული მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს, განსახილველ კოსმოსურ სივრცეებს, მოჰყავს რეაქტიული მოძრაობის მაგალითები ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.</p>	<p>მოსწავლემ იცის ფიზიკური სიდიდები (ძალა იმპულსი და მექანიკური ენერჯია), აკავშირებს მათ რეაქტიულ მოძრაობასთან. მსჯელობს სისქმის ჯამური ენერჯიისა და იმპულსის მუდმივობის კანონზე. განიხილავს ენერჯიის ერთ საზომსა და სახეში გარდაქმნას.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექსპერიმენტის) მსგეულობას, ამოაყვებს მონაცემებს, არგუმენტირებულად მსჯელობს შედეგებზე, ამყარებს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოიყენებს ადეკვატური დასკვნები.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექსპერიმენტის) მსგეულობას, ამოაყვებს მონაცემებს, არგუმენტირებულად მსჯელობს შედეგებზე, ამყარებს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოიყენებს ადეკვატური დასკვნები.</p>

<p><b>მულტისტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>ასახელებს რეაქციული მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს. მაგრამ ვერ აკავშირებს ამ სიდიდებს განსახილველ საკითხთან ან ეს კავშირი ბუნდოვანია. მოზავებს რეაქციული მოძრაობის მაგალითები.</p>	<p>მოსწავლე ასახელებს ფიზიკურ და მექანიკური ენერჯი, მაგრამ ვერ აკავშირებს ამ სიდიდებს განსახილველ საკითხთან ან ეს კავშირი ბუნდოვანია. აყალიბებს ენერჯის მუდმივობის კანონს, მაგრამ ვერ ასახელებს შესაბამის მაგალითებს.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსვლელობას, ამუშავებს მონაცემებს, მსვლელობა შედეგებზე, მაგრამ ვერ ამყარებს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს ბირობასთან, გამოთვლებს ასრულებს ნაწილობრივ ან ასრულებს არასწორად.</p>
<p><b>უნისტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>	<p>მოსწავლე ასახელებს რეაქციული მოძრაობის მახასიათებელ პარამეტრებს, მაგრამ ვერ აკავშირებს რეაქციულ მოძრაობასთან. ან მოზავებს რეაქციული მოძრაობის მაგალითები, მაგრამ ვერ ხსნის მის არსს.</p>	<p>მოსწავლე ასახელებს მხოლოდ ერთ ფიზიკურ სიდიდეს (ან ძალას, სხ. იმპულსს, ან ენერჯი). მაგრამ არ აქვს წარმოდგენა რეაქციული მოძრაობაზე, ან აყალიბებს ენერჯის მუდმივობის კანონს, მაგრამ ვერ ასახელებს შესაბამის მაგალითებს.</p>	<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის(ექსპერიმენტის) მსვლელობას, მაგრამ ვერ ამუშავებს მონაცემებს, ვერ მსვლელობას შედეგებზე.</p>
<p><b>პრეტრუქტურული დონე</b></p> <p>მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.</p>	<p>მოსწავლე ვერ ასახაიბებს და ასახელებს რეაქციული მოძრაობის პარამეტრებს. მოსწავლე მართებულად ვერ იგებს კომპლექსური დავალების პირობას.</p>	<p>მოსწავლე ვერ ასახელებს ვერც ერთ ფიზიკურ სიდიდეს(ძალა, იმპულსი, ენერჯია). მოსწავლე მართებულად ვერ იგებს კომპლექსური დავალების პირობას.</p>	<p>მოსწავლე ვერ იგებს რატომ დაგეგმოს ცდა (ექსპერიმენტი). ვერ აღწერს მას და არ შეუძლია შედეგის ახსნა. მოსწავლე მართებულად ვერ იგებს კომპლექსური დავალების პირობას.</p>

## სასწავლო მასალის სავანაულო საათობრივი ბანაწილება

№	გაკვეთილის თემა	საათების რაოდენობა
1	ფიზიკა ჩვენ გარშემო! რისთვის სჭირდება ფიზიკის ცოდნა სხვადასხვა პროფესიის ადამიანს?	1 სთ
2	მოძრაობის ფარდობითობა	1 სთ
3	მოძრაობის ფარდობითობის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
4	გადაადგილება. მატრიალური წერტილი	1 სთ
5	ვექტორები. მოქმედებები ვექტორებზე	1 სთ
6	გადაადგილების ვექტორის გეგმილი კოორდინატთა ლერძებზე	1 სთ
7	წრფივი თანაბარი მოძრაობა. სიჩქარე	1 სთ
8	წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკები	1 სთ
9	ამოცანების ამოხსნა	1 სთ
10	სიჩქარეთა შეკრების კანონი	1 სთ
11	შემაჯამებელი გაკვეთილი	2 სთ
12	არათანაბარი მოძრაობა. საშუალო სიჩქარე	1 სთ
13	წრფივი თანაბარჩქარებული მოძრაობა. აჩქარება	1 სთ
14	თანაბარჩქარებული მოძრაობის გრაფიკული გამოსახვა	1 სთ
15	გადაადგილება თანაბარჩქარებული მოძრაობისას	1 სთ
16	ამოცანების ამოხსნა	1 სთ
17	თავისუფალი ვარდნა	1 სთ
18	მრუდწირული მოძრაობა	1 სთ
19	სიჩქარე წრწირზე მოძრაობისას	1 სთ
20	აჩქარება მრუდწირული მოძრაობისას	1 სთ
21	არათანაბარი მოძრაობის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
22	შემაჯამებელი გაკვეთილი	2 სთ
23	ძალა	1 სთ
24	ამომგდები ძალის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ

№	გაკვეთილის თემა	საათების რაოდენობა
25	არქიმედეს კანონი	1 სთ
26	სხეულის ცურვის პირობების ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
27	სხეულის ცურვის პირობები	1 სთ
28	გემების ცურვა და ჰაერნაოსნობა	1 სთ
29	მშრალი ხახუნი	1 სთ
30	სველი ხახუნი	1 სთ
31	შემაჯამებელი გაკვეთილი	2 სთ
32	ინერციის მოვლენის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
33	ნიუტონის პირველი კანონი	1 სთ
34	სხეულის ინერტულობის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
35	სხეულების ინერტულობა. მასა	1 სთ
36	ნიუტონის მეორე კანონი	1 სთ
37	სხეულთა ურთიერთქმედების ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
38	ნიუტონის მესამე კანონი	1 სთ
39	ამოცანების ამოხსნა	1 სთ
40	მსოფლიო მიზიდულობის კანონი	1 სთ
41	ერთი ძალით გამოწვეული სხეულის მოძრაობა	1 სთ
42	სხეულის წონის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
43	წონა და უწონობა	1 სთ
44	ამოცანების ამოხსნა	1 სთ
45	მოძრაობა წრეწირზე	1 სთ
46	პირველი კოსმოსური სიჩქარე	1 სთ
47	ხელოვნური თანამგზავრები	1 სთ
48	სხეულთა წონასწორობის პირობები	1 სთ
49	გადაბმული სხეულების მოძრაობა	1 სთ
50	ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა	1 სთ
51	ამოცანების ამოხსნა	1 სთ
52	მოძრაობის ექსპერიმენტული კვლევა	1 სთ
53	სხეულისა და ძალის იმპულსი	1 სთ

№	გაკვეთილის თემა	საათების რაოდენობა
54	იმპულსის მუდმივობის კანონი	1 სთ
55	მექანიკური მუშაობა	1 სთ
56	მექანიკური ენერჯის მუდმივობის კანონი	1 სთ
57	ამოცანების ამოხსნა	1 სთ
58	შემაჯამებელი გაკვეთილი	2 სთ
59	ცოდნის შეჯამება	2 სთ

სასწავლო გეგმის მიხედვით IX კლასში წლიური საათების რაოდენობაა 70. ჩვენს სახელმძღვანელოში ოთხი თავია, რომელიც შეიცავს 59 სასწავლო პარაგრაფს. დარჩენილი 11 სთ მასწავლებელმა შეიძლება გამოიყენოს თავისი შეხედულებისამებრ, შემაჯამებელი წერებისთვის, კომპლექსური დავალებებისთვის, ამოცანების ამოხსნისთვის და სხვ.

## ინფორმაცია მოსწავლის წიგნის შესახებ

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

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

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

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

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

„**შინაარსის რეალიზაციის**“ ეტაპზე მასწავლებელი მოსწავლეებს აცნობს (ახსნით ან საუბრით) ახალ მასალას. ამ ეტაპზე მასწავლებელს შეუძლია გამოიყენოს ინტერაქტიური გაკვეთილის ჩატარე-

ბისტვის განკუთვნილი სწავლების სტრატეგიები.

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

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

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

გავლილი მასალის გამეორებისათვის ყოველი სასწავლო თემის ბოლოს მოცემულია ამ თავის შემაჯამებელი გაკვეთილები, რომლებზეც ხდება ცოდნის შეჯამება და განზოგადება. ეს გაკვეთილები უმეტესად შეიცავს სქემებს და მოსწავლეებისაგან მოითხოვს მსჯელობას და დასკვნების გამოტანას სასწავლო თემასთან დაკავშირებით.

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

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

ჩვენი მოსაზრებით, სახელმძღვანელოში მოცემული სავარჯიშო ამოცანები უნდა ემსახუროდეს შესწავლილი ცნების ან კანონის განმტკიცებას. შესაბამისად, ასეთი სავარჯიშოები მოსწავლისთვის ადვილად დასაძლევია უნდა იყოს.



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

სასწავლო მასალის სრულფასოვნად ათვისებისათვის აუცილებელია ლაბორატორიული ხელსაწყოების გამოყენება, პროექტორი, კომპიუტერი, ელექტრონული რესურსები. სასწავლებლის წიგნს თან ახლავს ელექტრონული რესურსები. მოსწავლის წიგნში მითითებულია ინფორმაციის მოძიება ინტერნეტის საშუალებით. მოსწავლეს შეუძლია Google-ს გამოყენებით ან Youtube-ით მოიპოვოს მისთვის საინტერესო მასალა და ვიდეორგოლები.

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

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

პირველივე გაკვეთილზე გააცანით მოსწავლეებს სახელმძღვანელოს სტრუქტურა და გამოყენების წესები (სახ. გვ.6 ნიგზზე მუშაობის პირობითი ნიშნები). განუმარტეთ, რომ **სახელმძღვანელოში ჩანაწერის გაკეთება არ შეიძლება**. ამიტომ სხვადასხვა წერილობითი დავალებები უნდა შეასრულონ საშინაო დავალების რვეულში ან ზეპირსიტყვიერად საჭიროების მიხედვით.

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

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

ამოცანის ამოხსნისათვის აუცილებელია:

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

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

## მარტივი ექსპერიმენტის ჩატარების გეგმა

1. ექსპერიმენტის მიზანი;
2. ვარაუდის გამოთქმა შედეგის შესახებ;
3. საჭირო რესურსები;
4. ექსპერიმენტის მსვლელობა;
5. ექსპერიმენტის შედეგი;
6. დასკვნა (შედეგის ახსნა).

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

მაგალითად, რეაქტიული მოძრაობის კვლევისას (სახ. გვ. 124. ექსპ.):

**მოცემული გაქვს:** ურიკა, ბუშტი, სანრუპავი, ძაფი.

**მსვლელობა:** გაბერილ ბუშტში მოათავსე სანრუპავი. ძაფით მჭიდროდ მოუკარი თავი და თითი ისე მიაჭირე სანრუპავის ღია ბოლოს, რომ ჰაერი არ გამოვიდეს.

ფრთხილად მოათავსე ურიკაზე და თითი მოაშორე სანრუპავის ღია ბოლოს.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა.

**პასუხი:** ჰაერის გამოსვლისას ბუშტი იწყებს ჰაერის ნაკადის საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობას. დამზერილი მოძრაობა რეაქტიული მოძრაობის მაგალითია.

შესაძლებელია სათამაშო მანქანა ჩაანაცვლონ ურიკით (სათამაშო მანქანის არქონის შემთხვევაში).

სახელმძღვანელოში ასევე მოცემულია აზრობრივი ექსპერიმენტები, რომლებიც ტარდება ადამიანის წარმოსახვაში და არ მოითხოვს ცდის ჩატარებას რეალური ხელსაწყოებით. აზრობრივი ექსპერიმენტებს ატარებდა გალილეო გალილეი, ისააკ ნიუტონი და სხვ.

სახ. გვ. 82. აზრობრივი ექსპერიმენტის დროს მოსწავლე გამოთქვამს ვარაუდს და თეორიულად ასაბუთებს მას.

ვარაუდის ექსპერიმენტულად შემოწმების მიზნით, სასურველია, მოსწავლის მიერ გამოთქმული ვარაუდი ცდით შემოწმდეს.

**ხაზოვანი მასშტაბის გამოყენების წესი:** მოსწავლემ სახაზავით უნდა გაზომოს სახელმძღვანელოში მოცემულ რუკაზე მასშტაბის სიგრძე. კურვიმეტრით საქართველოს საზღვრის სიგრძის გაზომვის შედეგად მიღებული სიდიდე უნდა გაიყოს ხაზოვანი მასშტაბის სიგრძეზე და შემდეგ გამრავლდეს მასშტაბზე მითითებულ შესაბამის რიცხვზე.

### **ზოგიერთი რეკომენდაცია კომპლექსური დავალებების შესახებ**

კომპლექსური შემოქმედებითი დავალებები ძირითადად შემოქმედებით-შემეცნებითი ხასიათისაა. მათ საფუძვლად უდევს პრობლემური კითხვები და სიტუაციები, რომლებიც იმითაა განსაკუთრებული, რომ მრავალ სწორ პასუხს გულისხმობს. სწორედ ასეთ დავალებებს აწყდება მოსწავლე სასწავლო მასალის ანალიზისას, მოვლენათა ინტერპრეტაციისას და კვლევა-ძიებისას.

შინაარსის მიხედვით, კომპლექსური შემოქმედებითი დავალებები იყოფა:

- შემეცნებითი, კვლევითი ხასიათის დავალებებად;
- ლოგიკურ ამოცანებად;
- დავალებებად, რომლებიც არასტანდარტულ მიდგომებს მოითხოვს;

დავალებების შესასრულებლად საჭირო მეთოდები შეირჩევა მიზნისა და სირთულის მიხედვით (შემოქმედებითი სამუშაოს ორგანიზებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს).

კომპლექსური დავალების შეფასების სპეციალური მეთოდები არ არსებობს, მაგრამ მასწავლებელს შეუძლია, მოსწავლეთა ცოდნის დონის განსაზღვრისთვის გამოიყენოს მრავალფეროვანი მეთოდი:

- რეპროდუქციული ცოდნის შემოწმების მეთოდები;
- ინფორმაციის გაგებისა და აღქმის შემოწმების მეთოდები;
- ანალიზის (კონტექსტის წაკითხვის, ლოგიკური დასკვნების გამოტანის), სინთეზისა (გეგმის შედგენა და სხვ.) და შეფასების (მასალის ლოგიკური აგება, ინფორმაციის მნიშვნელობის განსაზღვრა და სხვ.) შემოწმების მეთოდები.

## როგორ დავგეგმოთ კომპლექსური დავალება?

მასწავლებელმა კომპლექსური დავალების დასაგეგმად უნდა გაითვალისწინოს შემდეგი ფაქტორები:

1. უნდა შეარჩიოს სამიზნე ცნება, რომელთან დაკავშირებითაც აპირებს კომპლექსური დავალების შექმნას (ცხადია, ფიზიკაში აღებული ნებისმიერი თემის დამუშავება ერთდროულად შეიძლება მოიცავდეს ბევრ სამიზნე ცნებას, თუმცა კონკრეტულ კომპლექსურ დავალებაში ყურადღება უფრო მეტად უნდა იყოს გამახვილებული ერთ რომელიმე სამიზნე ცნებაზე).

2. უნდა შეარჩიოს ქვეცნებები, რომელთაც მოსწავლეები დაამუშავებენ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობისას. ქვეცნებები არის ის ტერმინები, რომელთა გააზრებითაც მოსწავლე დაადგება სამიზნე ცნებამდე მისასვლელ გზას.

3. უნდა შეარჩიოს საკითხთა ჩამონათვალი, რომელსაც დაამუშავებს მოსწავლე კომპლექსური დავალების განხორციელებისას. საკითხები უმეტესად სახელმძღვანელოში მოცემული პარაგრაფები.

4. უნდა გაითვალისწინოს, რომ მოსწავლეთა განსხვავებული შესაძლებლობების გამო, მათი განსხვავებული აკადემიური მოსწრების გამო, ყველა მოსწავლე ვერ შეძლებს დავალების სრულად შესრულებას. შესაბამისად, კომპლექსური დავალება (ისევე როგორც ნებისმიერი საკლასო აქტივობა, საკლასო წერა, შემაჯამებელი წერა, და ა.შ.) უნდა შეიცავდეს დიფერენცირებული სწავლების პრინციპებს. კერძოდ, კომპლექსურ დავალებაში უნდა იყოს როგორც მარტივად შესასრულებელი აქტივობები, ასევე საშუალო სირთულისა და მაღალი სააზროვნო უნარების შესაბამისი აქტივობები.

5. შესაძლებელია, რომ მასწავლებელმა ჯერ კომპლექსური დავალება შექმნას (მოუვიდეს რაიმე იდეა, მიანოდოს კოლეგამ იდეა, შეარჩიოს კომპლექსური დავალება რაიმე რესურსიდან – კომპლექსური დავალებების ბაზიდან და სხვა..) და შემდეგ დაუკავშიროს იგი კონკრეტულ სამიზნე ცნებას. ამ შემთხვევაში მინც აუცილებელია იმის გათვალისწინება, თუ რომელი ქვეცნებებისა და საკითხების დამუშავება მოუწევს მოსწავლეს აღნიშნულ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობისას.

## როგორი უნდა იყოს კომპლექსური დავალების პირობა და რით განსხვავდება ის ჩვეულებრივი, სტანდარტული ამოცანის პირობისგან?

ხშირად, სიტყვა „კომპლექსური დავალების“ ხსენებისას მასწავლებლებს უჩნდებათ განცდა, რომ ეს სრულიად ახალი ტიპის დავალებაა. სინამდვილეში გამოცდილი პედაგოგებისთვის კომპლექსური დავალება თავისი შინაარსით სულაც არაა ახალი. შესაძლოა სიახლეს წარმოადგენდეს მისი სტრუქტურული აგებულება, დავალებაზე მუშაობის დრო (ერთი ან ორი კვირა) და შეფასების მეთოდი. კერძოდ, ფიზიკის პედაგოგებისთვის ახალი არაა ისეთი სტილის ამოცანები, რომლის საშუალებითაც მოსწავლე გაკვეთილზე შეძენილ თეორიულ ცოდნას პრაქტიკაში (ყოველდღიურ ცხოვრებაში, ყოველდღიურ მოვლენებში) გამოიყენებს.

მაგალითად, თუ მოსწავლეს ვასწავლით რეაქტიულ მოძრაობას, მან უნდა შეძლოს რეაქტიული მოძრაობის მაგალითები მოიყვანოს ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში. ასევე უნდა მოუყვანოთ მაგალითები სატელიტური ანტენების კოსმოსში გაყვანისა (რეაქტიული მოძრაობის გამოვლენა) და გამოყენების შესახებ.

კომპლექსური დავალების იდეაც იგივეა, ოღონდ ამ შემთხვევაში მოსწავლე უშუალოდ მონაწილეობს პროცესში (რაიმეს დამზადება, რაიმე მოვლენაზე დაკვირვება, ვირტუალური ლაბორატორიით მოვლენის სიმულაცია, კვლევა), რა დროსაც საფუძვლიანად ეუფლება გაკვეთილზე შეძენილ თეორიულ მასალას და ახდენს მის რეალიზაციას (ტრანსფერს) ყოველდღიურ ცხოვრებაში.

ცხადია, ეს ყველაფერი (არც ახალი სკოლის მოდელი) არ უგულებელყოფს სტანდარტული სავარჯიშოებისა და ამოცანების საგაკვეთილო პროცესში გამოყენებას. ამ უკანასკნელს თავისი ფუნქცია აქვს, რაც ფაქტობრივი და პროცედურული ცოდნის განმტკიცებაში გამოიხატება.

საბოლოოდ, კომპლექსური დავალების პირობა უნდა უკავშირდებოდეს ყოველდღიურ ცხოვრებისეულ მოვლენას/მოვლენებს. პირობაში მკაფიოდ უნდა ჩანდეს რომელ საკითხებს (პარაგრაფებს, განვილილ მასალას) ეხება ეს ამოცანა, რა პრობლემაა გადასაჭრელი და რისი შესრულება მოუწევს მოსწავლეს (ფიქრი, რაიმეს დამზადება, ინფორმაციის მოძიება, ვირტუალური ლაბორატორიით სარგებლობა და სხვ.).

## კომპლექსური დავალების პირობის მაგალითი:

წარმოიდგინეთ, რომ დასრულდა საავტომობილო გზის მშენებლობა და თქვენ ეხმარებით ექსპერტთა ჯგუფს, რომელმაც გზის ნაპირზე, მთელი გზის გასწვრივ უნდა დააყენოს მაქსიმალური სიჩქარის ამკრძალავი ნიშნები.

უსაფრთხოებისთვის ამ გზაზე მოძრავი ყველა ავტომობილისთვის მაქსიმალური სამუხრუჭე მანძილი (მანძილი, რომელსაც გადის ავტომობილი მკვეთრი დამუხრუჭებდან გაჩერებამდე) უნდა იყოს არა უმეტეს  $L$  (რიცხვითი მნიშვნელობა თქვენ შეარჩიეთ).

ცნობილია, რომ მშრალ ამინდში ავტომობილის ბორბლების გზის საფართან ხახუნის კოეფიციენტი საშუალოდ  $\mu_1$ -ია; წვიმიან ამინდში საშუალოდ –  $\mu_2$ ; თოვლიანში კი –  $\mu_3$ .

განიხილეთ გზის ჰორიზონტალური უბანი და ამ მონაცემებზე დაყრდნობით გამოითვალეთ სიჩქარის დასაშვები მაქსიმალური მნიშვნელობები სხვადასხვა მასის მსუბუქი და სატვირთო ავტომობილებისთვის.

განიხილეთ მშრალ, წვიმიან და თოვლიან ამინდში მოძრაობები.

მიიჩნიეთ, რომ მკვეთრი დამუხრუჭების შემდეგ ავტომობილები სრიალით აგრძელებენ გზას გაჩერებამდე.

## როგორ ჩამოვაცალიბოთ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის ეტაპები?

კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობის ეტაპები გულისხმობს იმ აქტივობებს, რომელიც უნდა დაგეგმოს მოსწავლემ დავალების შესრულებისას და იმ საკვანძო შეკითხვებს, რომლებზეც ეტაპობრივად პასუხის გაცემა მოსწავლეს საბოლოო შედეგამდე მიიყვანს. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ ამ საკვანძო შეკითხვებს მასწავლებელი იყენებს შეფასების კრიტერიუმებად კომპლექსური დავალების შეფასებისას.

ა) აქტივობების ჩამონათვალი უნდა მოიცავდეს კომპლექსური დავალების შესრულებისას განსახორციელებელ ქმედებებს. ის მოსწავლისთვის უნდა წარმოადგენდეს ინსტრუქციას, თუ რის შემდეგ რა უნდა გააკეთოს, რომ საბოლოოდ დავალება შეასრულოს.

მაგალითისათვის ზემოთ ხსენებული დავალება შეიცავს რამდენიმე ასპექტს:

1. მკვეთრი დამუხრუჭების შემდეგ ავტომობილი მოძრაობს თანაბარჩქარებულად, მოძრაობის საპირისპიროდ მიმართული აჩქარებით (თუ გავითვალისწინებთ მხოლოდ სრიალის ხახუნის ძალას და გზის ჰორიზონტალურ უბანს).

2. სამუხრუჭე მანძილი განსხვავებული იქნება იმის მიხედვით, თუ რა სიჩქარე აქვს ავტომობილს დამუხრუჭების დაწყების მომენტში;

3. სამუხრუჭე მანძილი განსხვავებული იქნება იმის მიხედვით, თუ როგორი ამინდია;

4. სამუხრუჭე მანძილი არ არის დამოკიდებული ავტომობილის მასაზე (თუ გავითვალისწინებთ მხოლოდ სრიალის ხახუნის ძალას).

ამიტომ ასეთი კომპლექსური დავალების განსახორციელებელი აქტივობები შეიძლება გავწეროთ შემდეგნაირად:

**აქტივობა 1** – დავავალოთ მოსწავლეს შეისწავლოს ავტომობილის მოძრაობის სახე მკვეთრი დამუხრუჭების შემდეგ გაჩერებამდე.

**აქტივობა 2** – დავავალოთ მოსწავლეს შეისწავლოს ავტომობილის სამუხრუჭე მანძილის დამოკიდებულება ავტომობილის სანყის სიჩქარესა და ამინდზე (ხახუნის კოეფიციენტზე).

**აქტივობა 3** – დავავალოთ მოსწავლეს შეისწავლოს სამუხრუჭე მანძილის დამოკიდებულება ავტომობილის მასაზე.

**აქტივობა 4** – მიღებული მონაცემების საფუძველზე საერთო დასკვნის გამოტანა.

ამოცანის განზოგადება (ანუ როგორ შეიცვლებოდა სამუხრუჭე მანძილი, თითოეულ შემთხვევაში, სხვა გარემო ფაქტორებიც რომ გაგვეთვალისწინებინა, მაგალითად, არაჰორიზონტალური გზა, სხვადასხვა მოჭიდების მქონე საბურავები და სხვა).

მოსწავლეს გამოაქვს დასკვნა და აყალიბებს თავის მოსაზრებებს სხვადასხვა ამინდში, სხვადასხვა ავტომობილის დასაშვები მაქსიმალური სიჩქარის შესახებ. აქვე მნიშვნელოვანია ისიც, რომ მოსწავლემ გაიაზროს, თუ რა გარემო ფაქტორები არ გაითვალისწინა ამოცანაზე მუშაობისას და როგორ შეიცვლებოდა მის მიერ მიღებული შედეგები რომ გაეთვალისწინებინა.



## **რა რესურსებით უნდა იხელმძღვანელოს მოსწავლემ კომპლექსურ დავალებზე მუშაობისას?**

პირველი რესურსი, რითაც შეიძლება ისარგებლოს მოსწავლემ დავალებზე მუშაობისას, იქნება სახელმძღვანელო და მასში მოცემული სავალდებულო თუ არასავალდებულო საკითხები. რა თქმა უნდა, მასწავლებელმა შესაძლებელია მოსწავლეს მიაწოდოს დამატებითი რესურსი, იქნება ეს კონსპექტი თუ სხვა... სასურველია, მოსწავლემ თვითონ მოიძიოს გარკვეული მასალა ინტერნეტიდან, ამით უფრო ხელს შეეწყობთ მოსწავლისთვის დამატებითი უნარების განვითარებას (ინფორმაციის მოძიებისა და დამუშავების უნარი), თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ კომპლექსური დავალების სპეციფიკა და საკითხის სირთულე, რომლის მიხედვითაც შესაძლებელია მარტივი არ აღმოჩნდეს მოსწავლის მიერ დამოუკიდებლად რესურსების მოძიება.

კიდევ ერთი რესურსი, რაც, სასურველია, რომ კომპლექსური დავალების პირობაზე იყოს მიბმული, არის ვირტუალური ლაბორატორიის ბმული, რომელზე დაყრდნობითაც მოსწავლე შეძლებს რეალური მოვლენის მოდელირებას და დასკვნების გამოტანას.

## **რას დავეყრდნობთ კომპლექსური დავალების შეფასებისას?**

კომპლექსური დავალების შეფასებისას უნდა დავეყრდნობთ შეფასების კრიტერიუმებს, რომლებიც საკვანძო შეკითხვების სახით დავსვით კომპლექსურ დავალებზე მუშაობის სხვადასხვა ეტაპზე. შეფასებისას ყურადღება უნდა გავამახვილოთ ყველა კრიტერიუმზე სათითაოდ და უნდა შეგვექმნას მკაფიო სურათი, თუ რა დონეზე გასცა მოსწავლემ პასუხი თითოეულ საკვანძო კითხვას. ამიტომ უდიდესი მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ როგორ ჩამოვაცალიებთ საკვანძო კითხვებს (მომავალში შეფასების კრიტერიუმებს) კომპლექსური დავალების პირობის ჩამოყალიბებისას.

თითოეული საკვანძო კითხვა უნდა იყოს მკაფიო, ადვილად აღსაქმელი და კონკრეტული, რომ შემდეგ მარტივად შევძლოთ მოსწავლის შეფასება ამ კრიტერიუმებით.

საკვანძო შეკითხვების ერთობლიობა უნდა მოიცავდეს მთლიან ამოცანას და ამავედროულად საკვანძო შეკითხვები უნდა ანაწევრებდეს კიდევ ამოცანას.

თითოეულმა საკვანძო შეკითხვამ განსხვავებული მიმართულებით უნდა დააფიქროს მოსწავლე კომპლექსურ დავალებზე და ამავედროულად კონკრეტული, მკაფიო ნაბიჯების გადადგმისკენაც უნდა უზიძგოს მას (განტოლების ამოხსნა, ვირტუალურ ლაბორატორიაში მოდელირება, მსჯელობა და სხვ.) თითოეულ საკვანძო შეკითხვაზე პასუხის გასაცემად.

**მაგალითად, ზემოთ მოცემული კომპლექსური დავალების საკვანძო შეკითხვები (შეფასების კრიტერიუმები) შესაძლოა ჩამოვყავალიბოთ შემდეგნაირად:**

**აქტივობა № 1** (მკვეთრი დამუხრუჭებისას ავტომობილის მოძრაობის ტიპის განსაზღვრა):

- რა ძალები მოქმედებს ავტომობილზე მკვეთრი დამუხრუჭების შემდეგ?

- რომელი ფიზიკური სიდიდეები იცვლება (არ იცვლება) მოცემულ სიტუაციაში და რა არის მათი ცვლილების (უცვლელობის) მიზეზი?

- როგორი სახის მოძრაობას ასრულებს ავტომობილი მკვეთრი დამუხრუჭების შემდეგ გაჩერებამდე?

**აქტივობა № 2** (სამუხრუჭე მანძილის დამოკიდებულების დადგენა ავტომობილის სანყის სიჩქარეზე სხვადასხვა ამინდში. განიხილეთ მხოლოდ ერთი ავტომობილი კონკრეტული მასით მშრალ, ნვიმიან და თოვლიან ამინდში):

1. როგორ იცვლება ავტომობილის სიჩქარე დამუხრუჭებიდან გაჩერებამდე?

2. რა არის სიჩქარის ამ ცვლილების მიზეზი?

3. გააკეთე მათემატიკური ჩანანერი: დაუკავშირე სიჩქარის ცვლილება თავის მიზეზს;

4. გამოიყენე საჭირო ფორმულები და გამოსახე სამუხრუჭე მანძილი;

5. მიიღე იგივე შედეგი ენერჯის მუდმივობის კანონის გამოყენებით;

- როგორაა დამოკიდებული ავტომობილების სამუხრუჭე მანძილი მათ სიჩქარეზე, მშრალ ამინდში დამუხრუჭების დაწყებისას?

- როგორაა დამოკიდებული ავტომობილების სამუხრუჭე მანძილი მათ სიჩქარეზე, წვიმიან ამინდში დამუხრუჭების დაწყებისას?
- როგორაა დამოკიდებული ავტომობილების სამუხრუჭე მანძილი მათ სიჩქარეზე, თოვლიან ამინდში დამუხრუჭების დაწყებისას?
- რატომაა სიჩქარის ზღვრის დაცვა ასე მნიშვნელოვანი?
- როგორ გვეხმარება ფიზიკის ცოდნა დასაშვები სიჩქარის მაქსიმალური მნიშვნელობის დადგენისას?

**აქტივობა № 3** (სამუხრუჭე მანძილის დამოკიდებულების დადგენა ავტომობილის მასაზე. განიხილეთ სხვადასხვა მასის ავტომობილები):

- როგორაა დამოკიდებული ავტომობილის სამუხრუჭე მანძილი მის მასაზე?
- მოცემულობიდან გამომდინარე, სხვადასხვანაირი თუ ერთნაირი უნდა იყოს მაქსიმალური სიჩქარის შემზღუდავი ნიშნები სატვირთო და მსუბუქი ავტომობილისთვის?
- რა მიზეზების გამო შეიძლება იყოს თქვენი დასკვნები აცდენილი რეალურ სურათს?
- კვლევის თითოეულ ეტაპზე (საკითხის დასმა, ვარაუდის გამოთქმა და ა.შ.) რა აქტივობები განახორციელეთ?
- რა სტრატეგიები გამოიყენეთ/რა ნაბიჯები გადადგით დავალებაზე მუშაობის სხვადასხვა ეტაპზე; რა აღმოჩნდა თქვენთვის მოულოდნელი; რას გააკეთებდით განსხვავებულად ახლიდან რომ იწყებდეთ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობას?

სხვადასხვა სამიზნე ცნებასთან მიმართებაში არსებული კომპლექსური დავალების საკვანძო შეკითხვები (შემდგომში შეფასების კრიტერიუმები) **ზოგადი სახით** შესაძლოა ჩამოვაცალიბოთ შემდეგნაირად:

**სამიზნე ცნება „მატერია“:**

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

- ნივთიერების თვისებების, და/ან აგებულების და/ან მისი შემდგენელი ნაწილაკების მოძრაობის დაკავშირება განსახილველ მო-

ვლენებთან;

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

**სამიზნე ცნება „ენერჯია“:**

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

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

სხვადასხვა ეტაპზე; რას გააკეთებდით განსხვავებულად ახლიდან რომ იწყებდეთ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობას.

### **სამიზნე ცნება „ურთიერთქმედება“:**

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

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

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

### **სამიზნე ცნება „ფიზიკური მოვლენა“:**

**„ფიზიკურ მოვლენასთან“ დაკავშირებული კომპლექსური დავალების ზოგადი საკვანძო შეკითხვების შინაარსი (შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები): მოძრაობა და ცვლილებები**

- სხვადასხვა სახის ფიზიკური მოვლენები, რომლებიც თქვენ მიერ განსახილველ ამოცანაში გხვდებათ;
- კონკრეტული მოვლენისთვის მნიშვნელოვანი ფიზიკის კანონები და მათი გამოყენება ამ მოვლენის მახასიათებელი სიდიდეების გამოსათვლელად;
- რეალურ მოვლენაზე ან მის სიმულაციაზე დაკვირვებისას მიღებული მონაცემების ანალიზი და ამ ანალიზზე დაფუძნებული არგუმენტირებული დასკვნები;

- რატომ ვფიქრობთ, რომ მხოლოდ ამ სახის ენერჯია/ძალა არის მნიშვნელოვანი კონკრეტული მოვლენის განსახილველად?
- რა მიზეზების გამო (ანუ რა ვერ ან გაითვალისწინეთ და რატომ) შეიძლება იყოს ჩვენი დასკვნები აცდენილი რეალურ სურათს?
- კვლევის თითოეულ ეტაპზე (საკითხის დასმა, ვარაუდის გამოთქმა და ა.შ.) რა აქტივობები განახორციელებთ;
- რა სტრატეგიები გამოიყენეთ/რა ნაბიჯები გადადგით დავალებზე მუშაობის სხვადასხვა ეტაპზე; რას გააკეთებდით განსხვავებულად ახლიდან რომ იწყებდეთ კომპლექსურ დავალებაზე მუშაობას.

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

### **როგორ შევავასოთ კომპლექსური დავალება?**

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




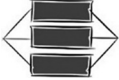
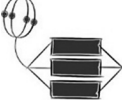





თავის მხრივ, განმავითარებელი შეფასება შესაძლებელია შესრულდეს ორნაირად: ერთი, როდესაც მასწავლებელი აფასებს კომპლექსურ დავალებაში მოცემულ საკვანძო შეკითხვებზე გაცემული პასუხების ხარისხს და მეორე, როდესაც მასწავლებელი აფასებს მთლიანი კომპლექსური დავალების შესრულების ხარისხს.

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

## პრეზენტაციის ფორმა







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

ქვევით მოცემულია განმავითარებელი შეფასების რუბრიკა (ზოგადი სახით) „სოლო“-ს დონეებით.

<p>პრეტერპეტუროლი</p> 	<p>უნისტრეტერპეტუროლი</p> 	<p>მულტისტრეტერპეტუროლი</p> 	<p>მიმართებითი</p> 	<p>აბსტრაქტული (განზოგადებული)</p> 
<p>მოსწავლეს კონკრეტული საკვანძო შეკითხვაზე პასუხის გასაცემად არ აქვს იდეა. ვერ იწყებს მუშაობას.</p>	<p>მოსწავლეს კონკრეტული საკვანძო შეკითხვაზე პასუხის გასაცემად აქვს იდეა, ვერ იაზრებს მათი (ან მცირე რაოდენობის იდეა) ვერ იაზრებს იდეის სისწორეს.</p>	<p>მოსწავლეს კონკრეტული საკვანძო შეკითხვაზე პასუხის გასაცემად აქვს რამდენიმე იდეა, იაზრებს მათ სისწორეს (ნაწილის სისწორეს), თუმცა იდეებს ვერ აკავშირებს ერთმანეთთან. ეოდნას ვერ ამოიხსნის.</p>	<p>მოსწავლეს კონკრეტული საკვანძო კითხვაზე პასუხის გასაცემად აქვს ბევრი იდეა. იაზრებს მათ სისწორეს და აკავშირებს იდეებს ერთმანეთთან. ამოიხსნის ცოდნას და სემს საკვანძო შეკითხვას შესაბამის პასუხს.</p>	<p>მოსწავლეს საკვანძო კითხვაზე პასუხისთვის აქვს იდეები. იაზრებს მათ სისწორეს. აკვშირებს იდეებს ერთმანეთთან. სემს საკვანძო კითხვას პასუხს და გამოაქვს შესაბამისი დასკვნა. მოსწავლეს შეუძლია გახვდეს საკვანძო შეკითხვის ფარგლებს და განაზოგადოს დასკვნა. გაითვალისწინოს ისეთი გარემოფაქტორები, რომლებსაც კონკრეტული საკვანძო კითხვა არ მოითხოვდა.</p>
				

დავუბრუნდეთ ჩვენი კომპლექსური დავალების მაგალითს. ჩამოთვლილი საკვანძო შეკითხვიდან ერთ-ერთის „როგორი სახის მოძრაობას არსულებს ავტომობილი მკვეთრი დამუხრუჭების შემდეგ გამოიხსნის?“ შესაფასებლად შეგიძლია გამოვიყენოთ შემდეგი რუბრიკა:













<p>პრესტრუქტურული</p> 	<p>მოსწავლეს ამ საკვანძო შეკითხვაზე ბასუხის მასაყმადა არ აქვს იდეა. ვერ იწყებს მუშაობას.</p>	<p>უნსტრუქტურული</p> 	<p>მოსწავლეს აქვს ერთი (ან რამდენიმე იდეა). ვთქვით ფიქრობს, რომ დააკვირდება მსგავს მოძრაობას ვირტუალურ ლაბორატორიაში და მიხვდება თუ როგორი ტიპის მოძრაობას ასრულებს ავტომობილი. თუმცა ვერ შეძლო ლაბორატორიაში აღნიშნული მოძრაობის მოდელირება. შესაძლოა ჰქონდეს სხვა ერთი ან ორი გაუმარტებული იდეა.</p> 	<p>მულტისტრუქტურული</p> 	<p>მოსწავლეს აქვს რამდენიმე იდეა. მაგალითად, დაადგინა ავტომობილზე მოქმედი ძალები. დაადგინა იფლებსა თუ არა ავტომობილის სიჩქარე დამუხრუჭების შემდეგ. დაადგინა იფლებსა თუ არა ავტომობილზე მოქმედი ძალები აღნიშნული მოძრაობის დასაბარებად.</p>	<p>მიმართებითი</p> 	<p>მოსწავლეს აქვს ყველა იდეა საკითხის გადასაჭრელად. დაადგინა რა ძალები მოქმედებს ავტომობილზე, რომ აღნიშნულ პირობებში ეს ძალები არ იფლებს. ხვდება, რომ სხეულის აჩქარებას მასზე მოქმედი ძალები განსაზღვრავს. აკვშირებს ცოდნას და გამოაქვს დასკვნა: მოძრაობა თანაბარშენილებულია. მოსწავლეს ხვდება საკვანძო კითხვას და განიხილავს გზის არაჰორიზონტალურ უბანს. აფასებს ამ უბანზე საშუალოდ მდებარე მძვინვარებას ჰორიზონტალურთან შედარებით. ამოვადებს ამოცანას.</p>	<p>მოსწავლეს აქვს ყველა იდეა საკითხის გადასაჭრელად. დაადგინა რა ძალები მოქმედებს ავტომობილზე, რომ აღნიშნულ პირობებში ეს ძალები არ იფლებს. ხვდება, რომ სხეულის აჩქარებას მასზე მოქმედი ძალები განსაზღვრავს. აკვშირებს ცოდნას და გამოაქვს დასკვნა: მოძრაობა თანაბარშენილებულია.</p>	<p>აბსტრაქტული (განზოგადებული)</p> 
---	--	--	--	---	--	--	--	---	--

რალა თქმა უნდა, კომპლექსური დავალების საკვანძო კითხვებიდან, ზოგიერთი შესაძლოა ისეთი იყოს, რომ მასზე პასუხის გაცემისას მოსწავლის უნარები ვერ დაუკავშიროთ მაღალ სააზროვნო უნარებს. მაგალითად, შესაძლოა შეკითხვა იყოს ფაქტობრივი ცოდნის შესაბამისი (რა ძალები მოქმედებს ავტომობილზე?) ცხადია, ამ კითხვაზე პასუხი ვერ შეფასდება „აბსტრაქტული“, „მიმართებითი“ და „მულტისტრუქტურული“ დონით. ამ კითხვაზე პასუხს მოსწავლე ან ხვდება (უნისტრუქტურული დონე) ან ვერა (პრესტრუქტურული დონე).

- ბ) შესრულებული კომპლექსური დავალების მთლიანობაში შესაფასებლად ასევე ვიყენებთ „სოლო“-ს რუბრიკას იმავე პრინციპით, როგორც გამოვიყენეთ თითოეულ საკვანძო შეკითხვაზე პასუხის შეფასებისას. ამ შემთხვევაში ყურადღებას იქცევს არა მხოლოდ ის ფაქტი, თუ რა დონეზე გაართვა მოსწავლემ თავი თითოეულ საკვანძო შეკითხვას (შეფასების კრიტერიუმს), არამედ ის, თუ რამდენ საკვანძო შეკითხვას გაართვა თავი და გააერთიანა თუ არა თითოეულ შეკითხვაზე პასუხის გაცემისას მიღებული დასკვნები. განაზოგადა თუ არა დასკვნა.

ქვემოთ მოცემულია ზემოთ ხსენებული კომპლექსური დავალების, როგორც მთლიანის, შეფასების ნიმუში.

<p>პრესტრუქტურული</p> 	<p>უნისტრუქტურული</p> 	<p>მულტისტრუქტურული</p> 	<p>მიმართებითი</p> 	<p>აბსტრაქტული (ვაზნოვადებული)</p> 
<p>მოსწავლეს კომპლექსურ დავალებზე მუშაობის დასაწყებად არ აქვს იდეა.</p>	<p>მოსწავლეს დავალების შესასრულებლად აქვს ერთი (ან რამდენიმე) გაუაზრებელი იდეა). მავალითად, ხვდება როგორ დააღვინოს ავტომობილის მოძრაობის ტიპი დააწვების შემდეგ. თუძვა ვეღარ ხვდება როგორ დააკვიროს საშუალებების მანძილზე, ან ხახუნს კოეფიციენტს.</p>	<p>მოსწავლეს რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი იდეა. მავალითად, ხვდება როგორ დააღვინოს, რომ მოძრაობა თანაბარშენილებულია. შეძლო და დააკვიროს სამუსრუვე მანძილი ავტომობილის საწყის სიჩქარესთან სხვადასხვა ამინდში სხვადასხვა მასის ავტომობილისთვის მაგრამ ვერ ამოლიანებს ცოდნას, ვერ გამოაქვს დასკვნა, რომ სამუსრუვე მანძილი არაა დამოკიდებული ავტომობილის მასაზე.</p>	<p>მოსწავლეს აქვს დავალების შესასრულებლად საკმარისი თითქმის ყველა იდეა. ადგენს მოძრაობის ტიპს, აკავშირებს სამუსრუვე მანძილს ავტომობილთა საწყის სიჩქარესთან და ხახუნის კოეფიციენტთან. აერთიანებს ცოდნას, გამოაქვს დასკვნა, რომ სამუსრუვე მანძილი არაა დამოკიდებული ავტომობილის მასაზე, ხვდება, რომ მოცემული პირობის მიხედვით საკმაო ნიშნები ყველა ავტომობილისთვის ერთნაირი უნდა იყოს.</p>	<p>მოსწავლეს აქვს ყველა იდეა დავალების შესასრულებლად. გართვა თავი ყველა საკვანძო შეკითხვას, ამოითვალა დასაშვები სირცხრის მაქსიმალური მნიშვნელობები შშრალ, წვიმიან და თოვლიან ამინდში და განიხილაგ შემთხვევებს რომელიც ამოცანას სცდება. კერძოდ, შესაძლოა შეაფასოს, თუ როგორ შეივცლება სამუსრუვე მანძილი აღმართზე ან დაღმართზე მოძრაობისას. ხვდება, რომ დაღმართზე მოძრაობისას დახრის კუთხეს და ხახუნის კოეფიციენტს აქვს დიდი მნიშვნელობა და შესაძლოა დამუსრუების შემდეგ ავტომობილი შემერთოდავ ვერ გაჩერდეს.</p>
				

მასწავლებელი თითოეული განმავითარებელი შეფასების განხორციელების შემდეგ მოსწავლეს აძლევს უკუკავშირს განმავითარებელი კომენტარების საშუალებით. განმავითარებელი კომენტარი უნდა იყოს მკაფიო. უნდა ეხებოდეს, როგორც მოსწავლის მიღწევას კონკრეტულ საკითხზე მუშაობისას, ასევე იმას, თუ რას ვერ/რატომ ვერ გაართვა თავი. სასურველია, განმავითარებელი კომენტარი დაიწყოს შეფასების პოზიტიური ნაწილით, ანუ ჯერ ვუთხრათ მოსწავლეს რა გააკეთა კარგად და შევაქოთ, შემდეგ ვუთხრათ რა ვერ გააკეთა და რატომ. სასურველი იქნება, თუ მოსწავლე თვითონ შეეცდება პასუხის გაცემას, თუ რატომ ვერ გაართვა თავი კონკრეტულ საკითხს.

კომპლექსური დავალების განმსაზღვრელი შეფასებისას შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს საკვანძო კითხვა, რომელიც თავისი შინაარსით, და სირთულის დონით განსხვავებულია. შესაძლებელია კომპლექსურ დავალებაში მიცემული საკვანძო კითხვები შინაარსის შეუცვლელად გადაკეთდეს სტანდარტულ ამოცანებად (ლიაბოლოიან ან დახურულბოლოიან ტესტებად) და ჩატარდეს შემაჯამებელი წერა. ამ შემთხვევაში უკვე მასწავლებელი შემაჯამებელში მიღებული ქულების შესაბამისად დაწერს განმსაზღვრელი შეფასების ნიშანს.

# მოსწავლის წიგნის თავების მოკლე მიმოხილვა

## თავი 1. თანაბარი მოძრაობა. მუდმივი მოძრაობა

- 1.1. ფიზიკა ჩვენ გარშემო! რისთვის სჭირდება ფიზიკის; ცოდნა სხვადასხვა პროფესიის ადამიანს?
- 1.2. მოძრაობის ფარდობითობა;
- 1.3. მოძრაობის ფარდობითობის ექსპერიმენტული კვლევა;
- 1.4. გადაადგილება. მატრიალური წერტილი;
- 1.5. გადატანითი და ბრუნვითი მოძრაობის კვლევა;
- 1.6. ვექტორის გეგმილი კოორდინატთა ღერძებზე;
- 1.7. წრფივი თანაბარი მოძრაობა. სიჩქარე;
- 1.8. წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკები;
- 1.9. ამოცანების ამოხსნა;
- 1.10. სიჩქარეთა შეკრების კანონი.

## მოკლე დასკვნები

- მექანიკის ძირითადი ამოცანაა სხეულის მდებარეობის დადგენა სივრცეში დროის ნებისმიერი მომენტისთვის;
- ყოველი მოძრაობა განიხილება არჩეული ათვლის სისტემის მიმართ;
- მოძრაობის მახასიათებელი სიდიდეები: ტრაექტორია, გადაადგილება, სიჩქარე – ფარდობითი სიდიდეებია;
- სიჩქარე ვექტორული სიდიდეა:  $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$  ;
- თანაბარწრფივი მოძრაობისას სხეულის სიჩქარე არ იცვლება, მუდმივი სიდიდეა როგორც მოდულით, ასევე მიმართულებით;
- წრფივი თანაბარი მოძრაობის კინემატიკური განტოლებაა:  $x = x_0 + v_x t$  ;
- წრფივი თანაბარი მოძრაობისას გადაადგილება და გავლილი მანძილი ერთმანეთს ემთხვევა;
- წრფივი თანაბარი მოძრაობისას სიჩქარის გრაფიკი დროის ღერძის პარალელური წრფეა;
- წრფივი თანაბარი მოძრაობისას კოორდინატის დროზე დამო-

კიდებულების გრაფიკი არის წრფე;

- კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკიდან შესაძლებელია სიჩქარის მოდულის გამოთვლა;
- სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკიდან შესაძლებელია გადაადგილების მოდულის გამოთვლა.

### საკვანძო შეკითხვები:

- რა განსხვავებაა მოძრაობასა და ცნება „მექანიკურ მოძრაობას“ შორის?
- რა არის მექანიკის ძირითადი ამოცანა?
- რა ფიზიკური სიდიდეების ცოდნაა საჭირო სხეულის მდებარეობის დასადგენად სივრცეში?
- რა მათემატიკური მეთოდებით შეიძლება გამოისახოს სხეულის მოძრაობის კანონზომიერება?
- როგორი მოძრაობაა თანაბარი მოძრაობა?
- რა სახის მოძრაობები არსებობს ტრაექტორიის მიხედვით?
- რატომ არის ტრაექტორია ფარდობითი?
- რა სახის მოძრაობები არსებობს სიჩქარის მიხედვით?
- როგორ გამოისახება თანაბარი მოძრაობის კინემატიკური განტოლება?
- რომელი სიდიდეები გამოითვლება თანაბრი მოძრაობის კოორდინატისა და სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკებიდან?
- რაში მდგომარეობს სიჩქარეთა შეკრების კანონი?

### სარეკომენდაციო აქტივობები:

#### მასწავლებელი:

- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს**, რატომ არის მნიშვნელოვანი მექანიკის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტა;
- მოსწავლეებს **აცნობს** მექანიკის შემადგენელი ნაწილებს: კინემატიკისა და დინამიკის ამოცანებს;
- მოსწავლეებთან ერთად **აანალიზებს** მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს, ათვლის სისტემის არჩევას და ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდის ფარდობითობას, დამოკიდებულებას ათვლის სისტემის არჩევაზე;
- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** მოდელირებაზე და მატე-

რიალურ ნერტილზე, როგორც სხეულის მოდელზე;

- დაინტერესებულ მოსწავლეებს **განუმარტავს**, რომ წრფივი თანაბარი მოძრაობისას გადაადგილებისა და გავლილი მანძილის თანხვედრის გამო შესაძლებელია სიჩქარისა და გავლილი მანძილის გამოთვლა ვექტორების დაგეგმილების გარეშე;
- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** ტრაექტორიისა და სხეულის მიერ დატოვებული კვალის განმარტების განსხვავების შესახებ;
- მოსწავლეებთან ერთად **აანალიზებს** ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებს; მოსწავლეებთან ერთად ხსნის პრობლემაზე ორიენტირებულ ამოცანებს.

## თავი 2. ანათანაბარი მოძრაობა

- 2.1. არათანაბარი მოძრაობა. საშუალო სიჩქარე
- 2.2. წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობა. აჩქარება
- 2.3. თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გრაფიკული გამოსახვა
- 2.4. გადაადგილება თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას
- 2.5. ამოცანების ამოხსნა
- 2.6. თავისუფალი ვარდნა
- 2.7. მრუდწირული მოძრაობა
- 2.8. სიჩქარე წრეწირზე მოძრაობისას
- 2.9. აჩქარება მრუდწირული მოძრაობისას
- 2.10. არათანაბარი მოძრაობის ექსპერიმენტული კვლევა

## მოკლე დასკვნები

- არათანაბარი მოძრაობა ხასიათდება მყისი და საშუალო სიჩქარით;
- აჩქარება სიჩქარის ცვლილების სისწრაფეა. აჩქარება ვექტორული სიდიდეა;
- თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას აჩქარება მუდმივი სიდიდეა;
- წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის კინემატიკური განტოლებაა: 
$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2};$$
- აჩქარების დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი არის დროთა ღერძის პარალელური წრფე;

- თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი არის წრფე, რომლის დახრის კუთხის ტანგენსი განსაზღვრავს აჩქარების მნიშვნელობას;
- კოორდინატის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი არის პარაბოლა;
- მყისი სიჩქარე არის სიჩქარე ტრაექტორიის მოცემულ წერტილში ან დროის მოცემულ მომენტში;
- თავისუფალი ვარდნა თანაბარაჩქარებული მოძრაობაა;
- მრუდწირული მოძრაობისას სიჩქარეს ტრაექტორიის ნებისმიერ წერტილში ამ წერტილზე გავლებული მხების მიმართულება აქვს;
- პერიოდი და სიხშირე ურთიერთშებრუნებული სიდიდეებია:  $T = \frac{1}{\nu}$  ;
- წრეწირზე მოძრავი სხეულების აჩქარებას ცენტრისკენულ აჩქარებას უწოდებენ:  $a = \frac{v^2}{R}$  .

### საკვანძო შეკითხვები:

- რა განსხვავებაა თანაბარ და არათანაბარ მოძრაობებს შორის?
- რატომ ახასიათებენ არათანაბარ მოძრაობას საშუალო სიჩქარით?
- როგორ გამოითვლება საშუალო სიჩქარე?
- რომელი სიდიდე ახასიათებს არათანაბარი მოძრაობის სიჩქარის ცვლილებას?
- როგორი მოძრაობაა თანაბარაჩქარებული მოძრაობა?
- რომელი ფიზიკური სიდიდეებით ხასიათდება თანაბარაჩქარებული მოძრაობა?
- როგორი მიმართულება აქვს სიჩქარისა და აჩქარების ვექტორებს, თუ  $a > 0$ ?  $a < 0$ ?
- რომელი სიჩქარეებით ხასიათდება წრეწირზე სხეულის მოძრაობა?
- რა არის წრეწირზე მოძრაობის პერიოდი? სიხშირე?



## სარეკომენდაციო აქტივობები:

### მასწავლებელი:

- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** არათანაბარი მოძრაობის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების შესახებ;
- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** გავლილი მანძილისა და გადაადგილების **გაზომვის** ხერხზე და ამზადებს მოსწავლეებს კომპლექსური დავალების შესრულებისთვის;
- მოსწავლეებთან ერთად **გამოსახავს** თანაბარაჩქარებული მოძრაობის მახასიათებლების დროზე დამოკიდებულებას გრაფიკულად;
- მოსწავლეებს **განუმარტავს** მრუდწირული მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს;
- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** მყისი სიჩქარის მიმართულების შესახებ მრუდწირული მოძრაობისას;
- მოსწავლეებს **განუმარტავს**, რომ თავისუფალი ვარდნა თანაბარაჩქარებული მოძრაობაა;
- მოსწავლეებს **განუმარტავს** წრეწირზე სხეულის მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს.
- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** ექსპერიმენტების კვლევის შედეგების შესახებ და **გამოაქვს დასკვნა**;
- მოსწავლეებთან ერთად **ხსნის** პრობლემაზე ორიენტირებულ ამოცანებს.

### თავი 3. ბუნების ძალები. არქიმედეს ძაღა

- 3.1. ძაღა;
- 3.2. ამომგდები ძაღის ექსპერიმენტული კვლევა;
- 3.3. არქიმედეს კანონი;
- 3.4. სხეულის ცურვის პირობების ექსპერიმენტული კვლევა;
- 3.5. სხეულის ცურვის პირობები;
- 3.6. გემების ცურვა და ჰაერნაოსნობა;
- 3.7. სველი ხახუნი.

### მოკლე დასკვნები

- სითხესა და ჰაერში მოთავსებულ სხეულზე მოქმედებს ამომგდები ძაღა:  $F_{\text{ა}} = \rho_{\text{სითხე}} gV_{\text{სხ.}}$ ;
- არქიმედეს (ამომგდები) ძაღა რიცხობრივად ტოლია სხეულის

მიერ გამოდევნილი სითხის წონისა;

- სხეული სითხეში იძირება, თუ მისი სიმკვრივე მეტია სითხის სიმკვრივეზე;
- სხეული ცურავს სითხეში ნებისმიერ სიღრმეზე, თუ სხეულისა და სითხის სიმკვრივეები ტოლია;
- სხეული ამოტივტივდება სითხის ზედაპირზე, თუ მისი სიმკვრივე ნაკლებია სითხის სიმკვრივეზე;
- სითხეებსა და აირში უძრავობის ხახუნის ძალა არ წარმოიქმნება;
- სხეულის სითხეში ან აირში მოძრაობისას აღიძვრება სველი ხახუნის ძალა, რომელსაც წინააღმდეგობის ძალას უწოდებენ.
- სხეულებს, რომლებზეც მცირე წინააღმდეგობის ძალა მოქმედებს, გარსმდენ ფორმას უწოდებენ.

### საკვანძო შეკითხვები:

- რა ძალა მოქმედებს სითხესა და აირში მოთავსებულ სხეულებზე?
- როგორ გამოითვლება არქიმედეს ძალა?
- როგორ არის დამოკიდებული სხეულის ცურვის პირობები ამომგდები ძალისა და სხეულის სიმძიმის ძალის თანაფარდობაზე?
- როდის წარმოიქმნება სველი ხახუნი?
- როგორ ვლინდება არქიმედეს კანონი და ცურვის პირობები ბუნებასა და ტექნიკაში?
- როგორ უკავშირდება სხეულის ცურვის პირობების ცოდნა სხვადასხვა პროფესიას/საქმიანობის სფეროს?

### სარეკომენდაციო აქტივობები:

#### მასწავლებელი:

- მოსწავლეებს შეახსენებს ცნებებს ბუნების ძალების შესახებ;
- მოსწავლეებთან ერთად მსჯელობს ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების შესახებ;
- მოსწავლეებს ამზადებს კომპლექსური დავალების შესრულების სთვის;
- მოსწავლეებს შეახსენებს პასკალის კანონს და განიხილავს ამომგდებ ძალას, როგორც სითხეებსა და აირებში მოქმედ

ძალას, რომელიც არსებობს გრავიტაციული მიზიდულობის პირობებში;

- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** ამომგდები ძალის სადემონსტრაციო მოდელის შესახებ;
- მოსწავლეებთან ერთად **აანალიზებს** სხეულთა ცურვის პირობებს;
- მოსწავლეებს **განუმარტავს** სითხეებსა და აირებში წინააღმდეგობის ძალის თავისებურებებს;
- მოსწავლეებთან ერთად **სსნის** პრობლემაზე ორიენტირებულ ამოცანებს;
- მოსწავლეებთან ერთად მსჯელობს, როგორ უკავშირდება ამომგდები ძალა და ცურვის პირობები ადამიანთა სხვადასხვა პროფესიასა და საქმიანობას.

#### თავი 4. სხეულთა ურთიერთქმედება. ნიუტონის კანონები

- 4.1. ინერციის მოვლენის ექსპერიმენტული კვლევა
- 4.2. ნიუტონის პირველი კანონი
- 4.3. სხეულის ინერტულობის ექსპერიმენტული კვლევა
- 4.4. სხეულების ინერტულობა. მასა
- 4.5. ნიუტონის მეორე კანონი
- 4.6. სხეულთა ურთიერთქმედების ექსპერიმენტული კვლევა
- 4.7. ნიუტონის მესამე კანონი
- 4.8. ამოცანების ამოხსნა
- 4.9. მსოფლიო მიზიდულობის კანონი
- 4.10. ერთი ძალით გამონვეული სხეულის მოძრაობა
- 4.11. სხეულის წონის ექსპერიმენტული კვლევა
- 4.12. წონა და უწონობა
- 4.13. ამოცანების ამოხსნა
- 4.14. მოძრაობა წრენირზე
- 4.15. პირველი კოსმოსური სიჩქარე
- 4.16. ხელოვნური თანამგზავრები
- 4.17. მოძრაობა დახრილ სიბრტყეზე
- 4.18. გადაბმული სხეულების მოძრაობა
- 4.19. ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა

- 4.20. ამოცანების ამოხსნა
- 4.21. მოძრაობის ექსპერიმენტული კვლევა
- 4.22. სხეულისა და ძალის იმპულსი
- 4.23. იმპულსის მუდმივობის კანონი
- 4.24. მექანიკური მუშაობა
- 4.25. მექანიკური ენერჯიის მუდმივობის კანონი
- 4.26. ამოცანების ამოხსნა

## მოკლე დასკვნები

- ნიუტონის კანონები სამართლიანია ათვლის ინერციული სისტემების მიმართ;
- სხეულის მასა მისი ინერტულობის ზომაა;
- თავისუფალი ვარდნის აჩქარების სიდიდე დამოკიდებულია დედამიწის ზედაპირიდან ასვლის სიმაღლეზე, ციური სხეულების მასასა და რადიუსზე, გეოგრაფიულ ადგილმდებარეობაზე;
- სიმძიმის ძალა გრავიტაციული ბუნებისაა, ხოლო წონა ელექტრომაგნიტური ბუნების;
- პლანეტის ზედაპირის უშუალო მახლობლობაში წრიული ორბიტისთვის გამოთვლილ სიჩქარეს პირველ კოსმოსურ სიჩქარეს უწოდებენ;
- რაკეტით გაშვებულ კოსმოსურ ხომალდს, რომელიც ბრუნავს დედამიწის გარშემო, დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი ეწოდება;
- სხეულის იმპულსი ვექტორული სიდიდეა, რომელიც სხეულის მასისა და სიჩქარის ნამრავლის ტოლია;
- ძალის იმპულსი სხეულის იმპულსის ცვლილების ტოლია;
- ჩაკეტილი მექანიკური სისტემისათვის სხეულების იმპულსების ჯამი მუდმივი სიდიდეა;
- მექანიკური მუშაობა სხეულის ენერჯიის ცვლილების ტოლია;
- ჩაკეტილი სისტემის სრული მექანიკური ენერჯია მუდმივი სიდიდეა.

### საკვანძო შეკითხვები:

- რა განსხვავებაა მუშაობასა და ცნება „მექანიკურ მუშაობას“ შორის?
- რა სახის მექანიკური ენერგიები არსებობს?
- რა კავშირია მექანიკურ მუშაობასა და მექანიკურ ენერგიას შორის?
- რაში მდგომარეობს ნიუტონის პირველი კანონი?
- რაში მდგომარეობს ნიუტონის მეორე კანონი?
- რაში მდგომარეობს ნიუტონის მესამე კანონი?
- რაში მდგომარეობს მსოფლიო მიზიდულობის კანონი?
- როგორ ვლინდება ნიუტონის კანონები ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში?
- როგორ ვლინდება მსოფლიო მიზიდულობის კანონი ყოფა-ცხოვრებაში?
- რატომ მოძრაობენ პლანეტები მრუდწირულ ტრაექტორიაზე?
- რა განსხვავებაა სხეულის წონასა და სიმძიმის ძალას შორის?
- რატომ არის თანამგზავრის მოძრაობა თავისუფალი ვარდნა?
- როგორ მოძრაობას ეწოდება რეაქტიული მოძრაობა?
- ნიუტონის რომელი კანონი ვლინდება რეაქტიული მოძრაობისას?
- რაში მდგომარეობს ურთიერთქმედი სხეულების იმპულსის მუდმივობის კანონი?
- რაში მდგომარეობს მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი?
- როგორ ვლინდება მუდმივობის კანონები ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში?

### სარეკომენდაციო აქტივობები:

#### მასწავლებელი:

- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** ექსპერიმენტების კვლევის შედეგების შესახებ;
- მოსწავლეებს **განუმარტავს** ნიუტონის პირველ, მეორე და მესამე კანონებს;
- მოსწავლეებს **ამზადებს** კომპლექსური დავალების შესრულებისთვის;
- მოსწავლეებთან ერთად **აანალიზებს** რა განსხვავებაა ინერციის კანონსა და ნიუტონის პირველ კანონს შორის;

- მოსწავლეებთან ერთად **განასხვავებს** ათვლის ინერციულ და არაინერციულ სისტემებს ერთმანეთისგან;
- მოსწავლეებთან ერთად **იკვლევს** სხეულთა ინერტულობას;
- მოსწავლეებთან ერთად **აანალიზებს** მსოფლიო მიზიდულობისა და ნიუტონის კანონების სამართლიანობის საზღვრებს;
- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს**, როგორ უკავშირდება მსოფლიო მიზიდულობის ძალა პლანეტების, ხელოვნური თანამგზავრებისა და კოსმოსური სადგურის მოძრაობას;
- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** თავისუფალი ვარდნის აჩქარების სიდიდის განსხვავებულობაზე ციური სხეულების, გეოგრაფიული განედების, დედამიწის ზედაპირიდან დაშორების მიხედვით;
- მოსწავლეებთან ერთად **აანალიზებს**, რომ წონა არ არის სხეულის მახასიათებელი სიდიდე განსხვავებით მასისგან, მსჯელობს უწონობის მიზეზის შესახებ;
- დაინტერესებულ მოსწავლეებს **განუმარტავს**, რომ სხეულის წონა იცვლება მისი აჩქარებულად მოძრაობისას;
- ექსპერიმენტის საშუალებით **უჩვენებს**, რომ სხეულის წონა მცირდება არა მარტო აჩქარებულად ქვევით, ანუ დედამიწისკენ მოძრაობისას, არამედ შენელებულად, დედამიწიდან ზევით მოძრაობისას;
- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** ხელოვნური თანამგზავრების ფრენის პირობების შესახებ;
- მოსწავლეებს **განუმარტავს** სხეულისა და ძალის იმპულსების არსს;
- მოსწავლეებთან ერთად, ექსპერიმენტულ კვლევებზე დაყრდნობით, **მსჯელობს** იმპულსისა და ენერჯიის მუდმივობის კანონის შესახებ;
- მოსწავლეებთან ერთად **ხსნის** პრობლემაზე ორიენტირებულ ამოცანებს;
- მოსწავლეებთან ერთად **მსჯელობს** ნიუტონის კანონების სხვადასხვა პროფესიასა და საქმიანობასთან კავშირის შესახებ.

## ელექტრონული რესურსები

1. <https://learningapps.org/> სასწავლო რესურსების გამოყენება სასწავლო პროცესში

სასწავლო პროცესის უკეთესად წარმართვისთვის აუცილებელი და მნიშვნელოვანია მოსწავლის შესაძლებლობაზე მორგებული, გაკვეთილის მიზნის შესაბამისი მრავალფეროვანი საგანმანათლებლო რესურსების გამოყენება როგორც მასწავლებლისათვის, ისე მოსწავლისათვის.

მოცემული საგანმანათლებლო ელექტრონული რესურსები მარტივი გამოსაყენებელია გაკვეთილზე და მისი მოხმარება შესაძლებელია მიზნობრივად როგორც საკლასო პროცესის მსვლელობისას ონლაინ თუ პირისპირ სწავლებისას, ისე საშინაო დავალებად.

საკვეთილო პროცესის გახალისებისთვის გაკვეთილზე, სასურველია, ისეთი ელექტრონული რესურსების გამოყენება, რომელიც ხელს უწყობს გაკვეთილის მიზნის მიღწევას, მასალის გააზრებას, ახალი მასალის განმტკიცებას.

ელექტრონული რესურსები მორგებულია ეროვნული სასწავლო გეგმის მიზნებსა და შედეგებზე.

გარდა ამისა, სასწავლო რესურსის გამოყენების არეალი ფართოა, ეს რესურსები არის მრავალჯერადი გამოყენების და ასევე აქვს მრავალი ფუნქციაც.

ელექტრონული რესურსის გამოყენება შეუძლია ნებისმიერ მასწავლებელსა და მოსწავლეს. მასწავლებელს შეუძლია უკვე არსებული დანართი გამოიყენოს თავისი შეხედულებისამებრ, გააკეთოს მისი მოდიფიცირება და მოარგოს კლასის საჭიროებებს (გაართულოს ან გაამარტივოს დავალება).

სწავლების პროცესში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მოსწავლეთა მოტივაციის ამაღლება. საგანმანათლებლო რესურსების გამოყენება კი განსაკუთრებულ როლს ასრულებს ამ მიმართულებით. სასწავლო პროცესში აუცილებელია მრავალფეროვანი საგანმანათლებლო რესურსების გამოყენება როგორც მასწავლებლისათვის, ასევე მოსწავლესათვის.

სასწავლო პროცესი უნდა შეესაბამებოდეს ეროვნულ სასწავლო გეგმას. ამავე დროს, უნდა იყოს საინტერესო, სახალისო, აქტიური და მრავალფეროვანი. მასწავლებელს სჭირდება ისეთი სასწავლო რესურსი, რომელიც მოსწავლეებს მისცემს მასალაში ჩაღრმავების საშუალებას.

სასწავლო რესურსი ეხმარება მოსწავლეს მასალის უკეთ გაგებასა და გააზრებაში, მრავალფეროვანი რესურსების გამოყენება პასუხობს სხვადასხვა სწავლის სტილისა და ინტელექტის მოსწავლეების ინდივიდუალურ საჭიროებას, ამ დროს სასწავლო პროცესი სახალისო და საინტერესოა, იზრდება მოსწავლეთა მოტივაცია და მათი ჩართულობა, მაღლდება აკადემიური მიღწევები.

კარგად დაგეგმილი სასწავლო პროცესი გულისხმობს სხვა კომპონენტებთან ერთად სასწავლო რესურსების მობილიზებას. სწორედ, ამიტომ გადავწყვიტეთ შეგვექმნა სასწავლო რესურსები [learningapps.org](http://learningapps.org) პლატფორმის დახმარებით.

ჩვენ მიერ შექმნილი დანართები აკმაყოფილებს სწავლების კონკრეტულ საჭიროებებს და არ არის შეზღუდული ინტერაქტიული თვალსაზრისით, ამასთანავე, შექმნილი დანართები ცალკე დასრულებულ კურსს არ წარმოადგენს, ისინი შესაბამისი სცენარით ჩართული არიან სწავლების პროცესში.

თითოეულ რესურსს თან ახლავს ამოცანის პირობა და საჭიროების შემთხვევაში ინსტრუქციაც, მრავალჯერადი გამოყენებისა და შესაძლებელია მისი დახმარებით საგაკვეთილო პროცესის წარმართვა, ასევე შესაძლებელია საშინაო დავალების შესრულებაც. მოსწავლეს შეუძლია თითოეული ამოცანის გამოყენება უამრავჯერ სასურველი შედეგის მისაღწევად, მასალის განსამტკიცებლად, გასამეორებლად. ამასთანავე, გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ამ დავალებებით მოსწავლე არ შეფასდება ქულით, ეს ინტერაქტიული ამოცანები გამოიყენება მოსწავლის ცოდნის დონის დასადგენად და თვითშეფასებისთვის.



# ელექტრონული რესურსები IX კლასი

## 1. თანაბარი მოძრაობა

	ელექტრონული რესურსის დასახელება	ელექტრონული რესურსის ლინკი
1	მოძრაობის ფარდობითობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=pqu6d2jmc21">https://learningapps.org/display?v=pqu6d2jmc21</a>
2	სიჩქარეთა შეკრების კანონი	<a href="https://learningapps.org/display?v=poohpgp2k21">https://learningapps.org/display?v=poohpgp2k21</a>
3	ვექტორების შეკრება -1	<a href="https://learningapps.org/display?v=prcgb60gn20">https://learningapps.org/display?v=prcgb60gn20</a>
4	ვექტორების შეკრება -2	<a href="https://learningapps.org/display?v=pi1i66src20">https://learningapps.org/display?v=pi1i66src20</a>
5	ვექტორების შეკრება -3	<a href="https://learningapps.org/display?v=p3c79q2xt20">https://learningapps.org/display?v=p3c79q2xt20</a>
6	გეგმილი	<a href="https://learningapps.org/display?v=psbbirhnt20">https://learningapps.org/display?v=psbbirhnt20</a>
7	გავიხსენოთ რა არის ნივთიერი წერტილი	<a href="https://learningapps.org/display?v=pay19zbc320">https://learningapps.org/display?v=pay19zbc320</a>
8	წრფივი თანაბარი მოძრაობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=pt4joquwk20">https://learningapps.org/display?v=pt4joquwk20</a>
9	სიჩქარეები	<a href="https://learningapps.org/display?v=pf8ua9u8a20">https://learningapps.org/display?v=pf8ua9u8a20</a>
10	მექანიკა. გამოტოვებული ადგილების შევსება	<a href="https://learningapps.org/display?v=pzcnvfyn17">https://learningapps.org/display?v=pzcnvfyn17</a>
11	ფიზიკური სიდიდეები	<a href="https://learningapps.org/display?v=pzcnvfyn17">https://learningapps.org/display?v=pzcnvfyn17</a>

## 2. არათანაბარი მოძრაობა

	ელექტრონული რესურსის დასახელება	ელექტრონული რესურსის ლინკი
1	მოძრაობის მახასიათებელი სიდიდეები	<a href="https://learningapps.org/display?v=pxdfhsguk20">https://learningapps.org/display?v=pxdfhsguk20</a>
2	აჩქარება	<a href="https://learningapps.org/display?v=p4yfufaf520">https://learningapps.org/display?v=p4yfufaf520</a>
3	აჩქარება- როგორ ამოვხსნათ ამოცანები	<a href="https://learningapps.org/display?v=px4n4bjdn20">https://learningapps.org/display?v=px4n4bjdn20</a>
4	საშუალო სიჩქარე	<a href="https://learningapps.org/display?v=pijvb0jg320">https://learningapps.org/display?v=pijvb0jg320</a>
5	ტესტი წრფივი თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=puo2jywia20">https://learningapps.org/display?v=puo2jywia20</a>
6	თანაბარაჩქარებული მოძრაობის გრაფიკი	<a href="https://learningapps.org/display?v=p5nr4tc7c20">https://learningapps.org/display?v=p5nr4tc7c20</a>
7	მოძრაობის გრაფიკები	<a href="https://learningapps.org/display?v=p66wdewx320">https://learningapps.org/display?v=p66wdewx320</a>
8	მოძრაობის გრაფიკული გამოსახვა	<a href="https://learningapps.org/display?v=pe8i89adn20">https://learningapps.org/display?v=pe8i89adn20</a>
9	კინემატიკა. სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი	<a href="https://learningapps.org/display?v=ph2t4y3z520">https://learningapps.org/display?v=ph2t4y3z520</a>
10	იპოვეთ უცნობი სიდიდე	<a href="https://learningapps.org/display?v=p7qhz49w520">https://learningapps.org/display?v=p7qhz49w520</a>
11	სხეულის წონა	<a href="https://learningapps.org/display?v=p0g7ofmjk20">https://learningapps.org/display?v=p0g7ofmjk20</a>
12	წრეწირზე მოძრაობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=pq566oqpi20">https://learningapps.org/display?v=pq566oqpi20</a>
13	წრეწირზე მოძრაობა-1	<a href="https://learningapps.org/display?v=pwfe0okua20">https://learningapps.org/display?v=pwfe0okua20</a>
14	წრეწირზე მოძრაობა -2	<a href="https://learningapps.org/display?v=p4ge7jnzt21">https://learningapps.org/display?v=p4ge7jnzt21</a>
15	ცენტრისკენული აჩქარება	<a href="https://learningapps.org/display?v=p82e7ksc521">https://learningapps.org/display?v=p82e7ksc521</a>

### 3. ბუნების ძალები

	ელექტრონული რესურსის დასახელება	ელექტრონული რესურსის ლინკი
1	არქიმედეს კანონი და სხეულთა ცურვის პირობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=pn047y4sj20">https://learningapps.org/display?v=pn047y4sj20</a>
2	სხეულთა ცურვა-1	<a href="https://learningapps.org/display?v=pmn3ukbb520">https://learningapps.org/display?v=pmn3ukbb520</a>
3	სხეულთა ცურვა-2	<a href="https://learningapps.org/display?v=pdbfv0y3k20">https://learningapps.org/display?v=pdbfv0y3k20</a>
4	ამოცანები-1	<a href="https://learningapps.org/display?v=p209w8s9k20">https://learningapps.org/display?v=p209w8s9k20</a>
5	ამოცანები-2	<a href="https://learningapps.org/display?v=pem432p7j21">https://learningapps.org/display?v=pem432p7j21</a>

### 4. სხეულთა ურთიერთქმედება

	ელექტრონული რესურსის დასახელება	ელექტრონული რესურსის ლინკი
1	ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=prpurgoej21">https://learningapps.org/display?v=prpurgoej21</a>
2	ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=pzyiz8bdj21">https://learningapps.org/display?v=pzyiz8bdj21</a>
3	გადაბმული სხეულების მოძრაობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=p0rmykcav21">https://learningapps.org/display?v=p0rmykcav21</a>
4	დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=p7j6ydujt21">https://learningapps.org/display?v=p7j6ydujt21</a>
5	დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=py74uuxh521">https://learningapps.org/display?v=py74uuxh521</a>
6	სხეულის იმპულსი	<a href="https://learningapps.org/display?v=pogsnithk20">https://learningapps.org/display?v=pogsnithk20</a>

7	იმპულსი. ძალის იმპულსი	<a href="https://learningapps.org/display?v=pebvj6tb320">https://learningapps.org/display?v=pebvj6tb320</a>
8	იმპულსი	<a href="https://learningapps.org/display?v=psvu6dc5t20">https://learningapps.org/display?v=psvu6dc5t20</a>
9	იმპულსი	<a href="https://learningapps.org/display?v=p03q3afon21">https://learningapps.org/display?v=p03q3afon21</a>
10	ნიუტონის კანონები. მსოფლიო მიზიდულობის ძალა	<a href="https://learningapps.org/display?v=p0c1kig1a20">https://learningapps.org/display?v=p0c1kig1a20</a>
11	ნიუტონის მეორე კანონი	<a href="https://learningapps.org/display?v=pq6z9udha20">https://learningapps.org/display?v=pq6z9udha20</a>
12	ნიუტონის მეორე კანონი	<a href="https://learningapps.org/create?edit=ppykqprca20">https://learningapps.org/create?edit=ppykqprca20</a>
13	ძალები მექანიკაში	<a href="https://learningapps.org/display?v=p3iix21xa20">https://learningapps.org/display?v=p3iix21xa20</a>
14	მოძრაობა სიმიძის ძალის გავლენით - ვერტიკალურად მოძრავი სხეული	<a href="https://learningapps.org/display?v=pbuqkien21">https://learningapps.org/display?v=pbuqkien21</a>
15	ჰორიზონტალურად გასროლილი სხეულის მოძრაობა	<a href="https://learningapps.org/display?v=pxuoroo0t21">https://learningapps.org/display?v=pxuoroo0t21</a>

2. კოლორადოს ვირტუალური ლაბორატორია <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>

### რა არის ვირტუალური ლაბორატორია?

ვირტუალური ლაბორატორიის გამოყენება სასწავლო პროცესში აქტიურად ეხმარება მასწავლებელსა და მოსწავლეს სასწავლო გეგმით გათვალისწინებული განსაზღვრული მიზნების უკეთესად მიღწევაში, ვირტუალური ლაბორატორია ზრდის მოსწავლის მოტივაციას და ხელს უწყობს საბუნებისმეტყველო საგნებისათვის საჭირო კვლევითი უნარ-ჩვევების ჩამოყალიბებასა და განვითარებას, ასევე ეხმარება მოსწავლეებს ფიზიკური ცნებების უკეთესად ათვისებასა და გააზრებაში. ფიზიკის ინტერაქტიული სიმულაციები საშუალებას იძლევა მოსწავლემ თვითონ შექმნას ფიზიკური ობიექტი და შეარჩიოს პროცესის მოდელი.

ვირტუალური ლაბორატორიის დახმარებით მასწავლებელს შეუძ-

ლია სასწავლო პროცესის დროს ცდა კომპიუტერის დახმარებითაც უჩვენოს მოსწავლეს. ვირტუალური ლაბორატორია ეხმარება მოსწავლის კოგნიტიურ განითარებას, მათ ეძლევათ შესაძლებლობა გამოიყენონ შემეცნების მეცნიერული მეთოდი, ახსნა მოუძებნონ დაკვირვების საგანს, მოვლენას, გააანალიზონ საკუთარი მოსაზრებები, გამოსცადონ და შემდეგ გამოიყენონ პრაქტიკაში დამოუკიდებლად.

ვირტუალური ლაბორატორია ხელს უწყობს მოსწავლეთა დამოუკიდებლად მუშაობას, შემოქმედებითი და ლოგიკური აზროვნების განვითარებას. მასწავლებელს მისი გამოყენებით შეუძლია გაამდიდროს და გაამრავალფეროვნოს სასწავლო პროცესი.

### 3. ხანის აკადემია <https://ka.khanacademy.org/>

ხანის აკადემია მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ონლაინ საგანმანათლებლო პლატფორმაა, მარტივი ვიდეოგაკვეთილებისა და ინტერაქტიული სახალისო სავარჯიშოების დახმარებით უამრავი საგნის შესწავლა შესაძლებელია, მათ შორის ფიზიკისაც. საგანმანათლებლო ფონდის [www.educaregeorgia.org](http://www.educaregeorgia.org) დახმარებით შესაძლებელია ხანის აკადემიის ონლაინრესურსების თარგმნა ქართულ ენაზე ფიზიკაში. <https://ka.khanacademy.org/science/physics> მოსწავლეს შეუძლია დამოუკიდებლად გაეცნოს ფიზიკის საფუძვლებს.

### 4. CK-12 <https://www.ck12.org/>

მასწავლებლისა და მოსწავლეებისათვის ასევე არანაკლებ საინტერესოა [www.ck12.org](http://www.ck12.org)-ზე საგანმანათლებლო პლატფორმაზე განთავსებული სასწავლო რესურსები CK-12, რომელიც წარმოადგენს საერთაშორისო საგანმანათლებლო პლატფორმას და მისი მიზანია ხარისხიან განათლებაზე ხელმისაწვდომობის გაზრდა ციფრული რესურსების საშუალებით. [www.ck-12.org](http://www.ck-12.org) პლატფორმაზე განთავსებულია სახელმძღვანელოები და დამხმარე რესურსები STEM-ის მიმართულებით.

ამ პლატფორმაზე არსებობს ე.წ „flexbooks“. საძიებო ველში მასწავლებელი/მოსწავლე ირჩევს საგანს ფიზიკას <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-physics-flexbook-2.0/> და ეცნობა არსებულ რესურსებს

ამ პლატფორმის უპირატესობა ისაა, რომ მოსწავლეს შეუძლია დისტანციურად სასურველი თემის მოძიება და მასალის გადამეორება ან ახლის შესწავლა.

## ადაპტირებული ბაკვეთილის გეგმა

გაკვეთილის თემა
კლასი
მოსწავლეთა რაოდენობა - მათ შორის სსსმ მოსწავლეთა რაოდენობა -
გაკვეთილის მიზანი:  1. მიზანი/მიზნები მთელი კლასისთვის, ეროვნული სასწავლო გეგმის მიხედვით  2. მიზანი/ მიზნები სსსმ მოსწავლისთვის (უნდა იყოს ლოგიკურ ბმაში მთელი კლასისთვის განსაზღვრულ მიზანთან, მნიშვნელოვანია იყოს ადაპტირებული სსსმ მოსწავლის საჭიროებების შესაბამისად)
<b>1. ცოდნის წინაპირობა (არსებული ცოდნა და უნარები)- (დასახელებული ლოგიკურ ბმაში უნდა იყოს მისაღწევ მიზანთან)</b> რა ცოდნას ფლობენ მოსწავლეები ამ ეტაპზე, რომ წარმატებით მიაღწიონ დასახულ მიზანს
<b>2. ცოდნის წინაპირობა (არსებული ცოდნა და უნარები (დასახელებული ლოგიკურ ბმაში უნდა იყოს მისაღწევ მიზანთან)</b> სპეციალური საგანმანათლებლო საჭიროების მქონე მოსწავლე

სასწავლო გეგმით განსაზღვრული მისაღწევი შედეგი/  
ინდიკატორები (გაკვეთილის ბოლოს, რა სასწავლო შედეგს  
მიაღწევს მთელი კლასი და სსსმ მოსწავლე)

**1. მთელი კლასი**

**ბ) სსსმ მოსწავლე**

გაკვეთილი ააგეთ ისე, რომ იკვეთებოდეს სამივე  
ფაზის არსებობა - გაკვეთილის მსვლელობის აღწერა (3 ფაზა)

- გამოწვევა
- მიმდინარეობა
- დასრულება

აქტივობა მთელი კლასისთვის	დრო	რესურსი	აქტივობა სსსმ მოსწავლისთვის	დრო	რესურსი
აქტივობისა და მეთოდის აღწერა, საკლასო მენეჯმენტი და შეფასება			აქტივობისა და მეთოდის აღწერა, საკლასო მენეჯმენტი და შეფასება		

1			1		
2			2		
3			3		
4			4		



5			5		
---	--	--	---	--	--

უნარები/ კომპეტენციები

1. თქვენ მიერ წარმოდგენილი გაკვეთილის გეგმა მოსწავლეებში რა უნარებს განავითარებს

-----

-----

-----

-----

-----

-----

2. რა უნარებს განავითარებს თქვენ მიერ წარმოდგენილი გაკვეთილის გეგმა სსსმ მოსწავლეებში

-----

-----

-----

-----

-----

-----

თქვენ მიერ წარმოდგენილ გაკვეთილის გეგმაში რომელი სასწავლო სტრატეგიებია გამოყენებული?

დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი -

---

---

---

---

გაითვალისწინეთ თუ არა სწავლებისა და განვითარების თეორიები გაკვეთილის გეგმის შემუშავებისას?

დაასაბუთეთ თქვენი პასუხი -

---

---

---

---

---

---

---

---

# სანაკომენდაციო შეფასების სქემა

## შეფასების სქემა პრაქტიკისათვის

კრიტერიუმები	1-3	4-5	6-7	8-10
აზრის ჩამოყალიბება და გადმოცემა	აზრებს ბუნდოვნად აყალიბებს და გადმოსცემს დაბნეულად, გაუგებრად საუბრობს	ნაწილობრივ გასაგებია, განმარტებები არ არის ზუსტი, ხშირად იმეორებს ერთსა და იმავეს	ლოგიკურად არის აგებული, მაგრამ შეინიშნება ხარვეზები. საუბარი გამართულია	აზრი ლოგიკურად არის აგებული, წარმოდგენილი საკითხები ნათელი და გასაგებია, არაორჭოფული
თვალსაჩინოების, ცხრილების, დიაგრამების გამოყენება	ვერ ახერხებს თვალსაჩინოების, ცხრილებისა და დიაგრამების გამოყენებას	იყენებს, მაგრამ არაეფექტიანად	კარგად იყენებს	ზედმიწვევით ეფექტიანად იყენებს, საუბრობს მათზე დაყრდნობით
კლასთან კონტაქტი	ვერ ამყარებს კონტაქტს	პერიოდულად ამყარებს კონტაქტს, პასუხები შეკითხვებზე არ არის გამართული	ამყარებს კონტაქტს. თითქმის ყველა კითხვას პასუხობს	კარგად ფლობს კომუნიკაციის უნარს. პასუხობს ყველა კითხვას

## შეფასების სქემა ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის

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

## შეფასების სქემა დისკუსიაში მონაწილეობისათვის

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

## შეფასების სქემა საშინაო დავალებისათვის

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

## პრეზენტაციის შინაარსობრივი სტრუქტურა

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

### Power Point-ში წარმოდგენილი პრეზენტაციის შეფასების რუბრიკა

	შეფასების კრიტერიუმები	ქულები
<b>პრეზენტაციის შინაარსი</b>		
1	პრეზენტაციისთვის შერჩეული საკითხი წარმოდგენილია შეთანხმებული სტრუქტურის სახით	1
2	პრეზენტაციის თითოეული ნაწილის შინაარსი და მოცულობა შეესაბამება მიზანს/სახელწოდებას	1
3	საკითხი ამომწურავად და სწორი შინაარსობრივი აქცენტებით არის წარმოდგენილი	2
<b>პრეზენტაციის მომზადების ტექნიკა</b>		
4	სლაიდები დასათაურებულია	1
5	გამოყენებული ვიზუალი ეფექტური და ინფორმატიულია; ტექსტისა და თვალსაჩინოების (ფოტოები, სურათები, ცხრილები, დიაგრამები, ანიმაციური ეფექტები და სხვ.) ბალანსი დაცულია დაახლოებით 1:2 თანაფარდობით	1
<b>პრეზენტაციის წარდგენა</b>		
6	გამართული და ლოგიკური მსჯელობა;	1
7	აუდიტორიასთან კონტაქტი (ყურადღების მიპყრობა და შენარჩუნება)	1
8	დასმულ კითხვებზე სრული და სწორი პასუხების გაცემა	2

## მასწავლებლის თვითშეფასების კითხვარი

სწავლების პროცესში მასწავლებლის საქმიანობა	არასდროს	ხანდახან	ყოველთვის
ვემნი სასწავლო მიზნებს სასწავლო გეგმის შესაბამისად			
ვუხსნი მოსწავლეებს, თუ რას დავაკვირდები მათ საქმიანობაში იმის გასარკვევად, როგორ გამოიყენონ ნასწავლი მასალა ახალი ცოდნის კონსტრუირებისთვის			
სასწავლო მიზნების შექმნისას, ვფიქრობ მოსწავლის კონკრეტულ ქცევაზე მოცემულ სასწავლო პირობებში და ვუსადაგებ შესაბამის საგაკვეთილო აქტივობებს			
ვცდილობ სწავლების სტრატეგიები ვცვალო იმის მიხედვით, რა აქტივობები მაქვს განსახორციელებელი			
განმსაზღვრელი შეფასების მისაცემად ვემნი შეფასების რუბრიკებს, კრიტერიუმებს მათთან ერთად განვიხილავ და ვაცნობ მათ მოსწავლეებს			
ჩემ მიერ მიწოდებული უკუკავშირი შეიცავს მოსწავლის მიღწევების აღიარებას და ასევე რჩევას შედეგების გასაუმჯობესებლად			



გაკვეთილზე გამოსაყენებელი რესურსების შექმნისას ვითვალისწინებ მოსწავლეთა საჭიროებებს და გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევ შედეგებს			
გაკვეთილზე გამოსაყენებელი რესურსების შექმნისას ვითვალისწინებ მოსწავლეთა საჭიროებებს და გაკვეთილის ბოლოს მისაღწევ შედეგებს			
უფრო ხშირად ვსვამ ღია კითხვებს (მაგ.: „როგორ გგონიათ...?“), ვიდრე დახურულს (მაგ.: ეთანხმებით ამ მოსაზრებას?“), ვითვალისწინებ მაღალსააზროვნო უნარების განვითარებისთვის მისაწოდებელ მასალას და ვსვამ შესაბამის კითხვებს			
უკუკავშირის ფორმულირებისთვის ვიყენებ გაკვეთილის მიზნებსა და მოსწავლეთა შეფასების კრიტერიუმებს			
განმსაზღვრელი შეფასებებით მიღებულ შედეგებს ვაანალიზებ, გამოტანილ დასკვნებს ვიყენებ შემდგომი დაგეგმვისას			
მოსწავლეთა ცოდნასა და უნარ-ჩვევებში ხარვეზების აღმოჩენისას იმავე გაკვეთილზე მივუთითებ მათი აღმოფხვრის მიზნით.			

# „სკოლა“ ტექსტობი

სამიზნე ცნება კრიტერიუმი	მატე- რია	მოძრაობა და ცვლი- ლებები	ენერჯია და ურთიერთ- ქმედება	კვლევა
<p>აბსტრაქტული დონე</p> <p>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.</p>				<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექპერიმენტის) მსვლელობას, ამუშავებს მონაცემებს, მსჯელობს შედეგებზე, ამყარებს მიზეზშედეგობრივ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოაქვს ადეკვატური დასკვნები. მოჰყავს მაგალითები პირადი გამოცდილებიდან, მსჯელობს როგორ გამოიყენებს მიღებულ ცოდნას ცხოვრებისეულ სიტუაციაში.</p>
<p>მიმართებითი დონე</p> <p>მოსწავლეს ესმის განსახილველი საკითხის არსი; ხედავს ურთიერთმიმართებებს საკითხთან დაკავშირებულ არსებით სტრუქტურულ ერთეულებს შორის.</p>				<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექპერიმენტის) მსვლელობას, ამუშავებს მონაცემებს, არგუმენტირებულად მსჯელობს შედეგებზე, ამყარებს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს პირობასთან, სწორად ასრულებს ყველა საჭირო გამოთვლას, გამოაქვს ადეკვატური დასკვნები.</p>
<p>მულტისტრუქტურული დონე</p> <p>მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/ წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>				<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექპერიმენტის) მსვლელობას, ამუშავებს მონაცემებს, მსჯელობს შედეგებზე, მაგრამ ვერ ამყარებს მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს პირობასთან, გამოთვლებს ასრულებს ნაწილობრივ ან ასრულებს არასწორად.</p>
<p>უნისტრუქტურული დონე</p> <p>მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.</p>				<p>მოსწავლე გეგმავს და აღწერს ცდის (ექპერიმენტის) მსვლელობას, მაგრამ ვერ ამუშავებს მონაცემებს, ვერ მსჯელობს შედეგებზე.</p>
<p>პრესტრუქტურული დონე</p> <p>მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.</p>				<p>მოსწავლე ვერ იგებს რატომ დაგეგმოს ცდა (ექსპერიმენტი). ვერ აღწერს მას და არ შეუძლია შედეგის ახსნა.</p> <p>მოსწავლე მართებულად ვერ იგებს კომპლექსური დავალების პირობას.</p>

## განმავითარებელი შეფასება

მოსწავლის სახელი, გვარი _____			
საგანი _____			
სამიზნე ცნება _____			
საკითხი _____			
კრიტერიუმი	სამიზნე ცნება		ზოგადი კომენტარი
<b>აბსტრაქტული დონე</b> 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.	აღწერილობა	კომენტარი	
<b>მიმართებითი დონე</b> მოსწავლეს ესმის განსახილველი საკითხის არსი; ხედავს ურთიერთმიმართებებს საკითხთან დაკავშირებულ არსებით სტრუქტურულ ერთეულებს შორის.	აღწერილობა	კომენტარი	
<b>მულტისტრუქტურული დონე</b> მოსწავლეს აქვს მხოლოდ რამდენიმე, ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, უსისტემო ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	აღწერილობა	კომენტარი	
<b>უნიტრუქტურული დონე</b> მოსწავლეს აქვს მხოლოდ ერთი არასტრუქტურირებული ასოციაცია/წარმოდგენა განსახილველ საკითხთან დაკავშირებით.	აღწერილობა	კომენტარი	
<b>პრესტრუქტურული დონე</b> მოსწავლეს საკითხთან დაკავშირებით არ აქვს რელევანტური ინფორმაცია.	აღწერილობა	კომენტარი	

- ფასდება ყველა მოსწავლე ინდივიდუალურად;
- მოსწავლეები ფასდებიან გრძელვადიან მიზნებთან, ანუ საგნობრივ სამიზნე ცნებებთან მიმართებით;
- საგნობრივ ცნებაზე მუშაობენ კონკრეტულ (და არა ზოგად) საგნობრივ საკითხზე დაყრდნობით;
- საგნობრივ საკითხთან დაკავშირებით მოსწავლის ცოდნა მონმდება კომპლექსური დავალების საშუალებით.
- თითოეული მოსწავლის შემთხვევაში ივსება სამი გრაფა:
  1. რა გააკეთა მოსწავლემ და რა დასკვნა გააკეთა მასწავლებელმა ამის საფუძველზე (აღწერილობა);
  2. რა რჩევა მიეცა მოსწავლეს (კომენტარი);
  3. მასწავლებლის ზოგადი დასკვნა და მის მიერ მიცემული ზოგადი რჩევები.

## თავი 1. თანაბარი მოძრაობა

### 1.1. რისთვის სჭირდება ფიზიკის სოდნა სხვადასხვა პროფესიის ადამიანს?

დამატებითი მასალა

#### ინფორმაცია დრონების შესახებ

XXI საუკუნის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ტექნიკური სიახლეა უპილოტო მფრინავი აპარატების გამოყენება სხვადასხვა დანიშნულებით. მათგან მნიშვნელოვანია ფოტოგრაფირებისას მათი გამოყენება. ამჟამად გარემოს ფოტოგრაფირებისთვის იყენებენ დრონებს, რომელზედაც დამაგრებულია ფოტოკამერები. დრონზე დამაგრებული კამერები განსხვავებულია ერთმანეთისგან დანიშნულების მიხედვით. ისინი ინფორმაციას გადასცემენ მართვის პუნქტზე. დრონები ერთმანეთისგან განსხვავდება კონსტრუქციით, სიჩქარით, ფრენის დროით და სხვ. მათი სიჩქარე იცვლება 18 კმ/სთ-დან 72-108 კმ/სთ-მდე. დრონები მასითაც განსხვავდებიან ერთმანეთისგან. არის 80 გ და 400 გ მასის დრონები. ალბათ შესაძლებელია უფრო მეტი მასის მქონე დრონების დამზადებაც, მაგრამ ეს მოითხოვს მეტი სიმძლავრის განვითარებას, რაც დამოკიდებულია დრონის კვების წყაროზე, ანუ ბატარეებზე. დრონებს ფრენის დროც განსხვავებული აქვთ. ცნობილია, რომ მათი ფრენის დრო შეიძლება იყოს 18 წთ-დან 35 წთ-მდე. განსხვავებულია ფრენის სიმაღლეც. ზოგი დაფრინავს მხოლოდ 2,5 მ-ზე, ზოგიერთის ფრენის სიმაღლე 50 მ-ს აღწევს. დრონებს იყენებენ სოფლის მეურნეობაში. ისინი თერმული კამერების საშუალებით აფიქსირებენ სად აკლია ნათესებს მორწყვა. ასევე გამოიყენება არქიტექტურაში. ისინი ტერიტორიას ზუსტად ზომავენ. დრონები ზუსტ ფოტოგრაფიულ მონაცემებს გარდაქმნიან 3D გამოსახულებად. აგრეთვე ეს გამოსახულებები შესაძლებელია გამოიყენონ სპეციალური ეფექტებისა და არქიტექტორული დაგეგმისთვის. დრონის საშუალებით შესაძლებელია თვალყური ადევნონ და აღმოაჩინონ ინფექციური დაავადებით, მათ შორის კორონავირუსით დაინფიცირებული ადამიანები. შესაძლებელია დისტანციურად გაზომონ ადამიანის ტემპერატურა, პულსი და სუნთქვის სიხშირე. ასეთი დაკვირვების ჩატარება საჭიროა ოფისებში, საკრუიზო გემებზე, აეროპორტებში, მოხუცთა სახლებში, ბავშვთა საავადმყოფოებში, ბუნებრივი კატაკლიზმებით დაზარალებულ რაიონებში. ამ ტექნოლოგიების გამოცდასა და გამოყენებას ფიქრობენ ე.წ. „ცხელ წერტილებში“.

## 1.2. მოძრაობის ფარდობითობა გააზრება

1. სხეულის მექანიკური მოძრაობის განხილვას აზრი აქვს მაშინ, როცა ის დაკავშირებულია ათვლის სისტემასთან.
2.  $xOy$ : A (3;6), B (6;4)  
 $x'O'y'$ : A (1;4), B (4;2)
3. ა) წრფე; ბ) წრფე; გ) წრეწირი; დ) ციკლოიდა.

### საშინაო დავალება

ურიკაზე მდგომი დამკვირვებლისთვის ბურთის ტრაექტორია წრფეა. მინაზე მდგომი დამკვირვებლისთვის ბურთის ტრაექტორია მრუდი წირია. ტრაექტორიები განსხვავდება ერთმანეთისგან, რადგან განხილულია სხვა-დასხვა ათვლის სისტემაში.

**შენიშვნა:** რა განსხვავებაა კვალსა და ტრაექტორიას შორის?

წირი, რომელსაც სხეული აღწერს მოძრაობისას, არის **კვალი**.

მატერიალური წერტილის **ტრაექტორია** არის წირი სივრცეში, რომლის გასწვრივ მოძრაობს სხეული და ასახავს წერტილების ერთობლიობას, რომელშიც იმყოფებოდა ან იქნება მატერიალური წერტილი მისი გადაადგილებისას სივრცეში, არჩეული ათვლის სისტემის მიმართ. არსებითია, რომ ტრაექტორიის ცნებას ფიზიკური აზრი აქვს მაშინაც კი, როცა მის გასწვრივ მოძრაობა არ ხდება.

ტრაექტორიის განსაზღვრა შესაძლებელია სხეულის მოძრაობის დაწყებამდე. მაგ., კოსმოსური ხომალდების ტრაექტორიას წინასწარ საზღვრავენ.

სხეულის მოძრაობისას, თუ მისი ფორმა და ზომები არ იცვლება, მას **აბსოლუტურ მყარ სხეულს** უწოდებენ. აბსოლუტურად მყარ სხეულში აღიძვრება უსასრულოდ დიდი დრეკადობის ძალა უსასრულოდ მცირე დეფორმაციისას, ანუ მისი სიხისტე უსასრულოდ დიდია

## 1.3. მოძრაობის ფარდობითობის ექსპერიმენტული კვლევა

### საშინაო დავალება

- ა) არ მოძრაობს;
- ბ) არ მოძრაობს;
- გ) არ მოძრაობს;
- დ) არ მოძრაობს;
- ე) მოძრაობს;
- ვ) მოძრაობს;

# 1.4. გადაადგილება. მათრიალური წერტილი

## გააზრება:

1. მოგზაურმა არ იცის რა მიმართულებით წავიდეს – ამოცანაში არ არის მითითებული მოძრაობის მიმართულება.
2. ა) თუ ერთ-ერთ თვითმფრინავს ჩავთვლით ათვლის სხეულად, არ შეიძლება სხვა თვითმფრინავები ჩავთვალოთ მატერიალურ წერტილებად, რადგან მოძრაობისას პილოტებმა უნდა გაითვალისწინონ თვითმფრინავის ზომები, შეჯახების აცილების მიზნით;  
ბ) შეიძლება, რადგან თვითმფრინავი ასრულებს გადატანით მოძრაობას.
3. ა) ბზრიალა ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას;  
ბ) სავარძელი ასრულებს რხევით მოძრაობას.

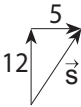
## საშინაო დავალება

1. გავლილი მანძილია 6 მ, გადაადგილება - 0 მ.
2. გავლილი მანძილი:  
 $s = 12+5=17$  მ

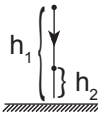
გადაადგილება:


$$|\vec{s}| = \sqrt{(a^2+b^2)}$$

$$|\vec{s}| = \sqrt{(12^2+5^2)}$$

$$|\vec{s}| = 13 \text{ მ}$$


3. $s$ - ?; $ \vec{s} $ - ?	$s = 2\pi r \cdot 2$
$l = r = 3,5$ სმ	$s = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 2 \approx 44$ სმ
$t = 2$ სთ	$ \vec{s}  = 0$

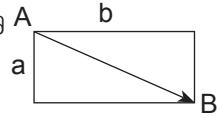
4. $s$ - ?; $ \vec{s} $ - ?	$s = 4$ მ	
$h_1 = 2$ მ	$ \vec{s}  = 2$ მ	
$h_2 = 1$ მ		

5. $s$ - ?; $ \vec{s} $ - ?	გავლილი მანძილი:	
$s_1 = 10$ მ	$s = 10 + \pi r = 10 + 15,7 = 25,7$ მ	
$r = 5$ მ	გადაადგილება: $ \vec{s}  = 10 + 10 = 20$ მ	

6. I – AC  
II – BB=0

7.

$s_1 - ?;  \vec{s}_1  - ?; s_2 - ?;  \vec{s}_2  - ?$	$s_1 =  \vec{s}_1  = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100 \text{ მ}$
$a \times b = 60 \times 80 \text{ მ}$	$s_2 = 60 + 80 = 140 \text{ მ}$
	$ \vec{s}_1  =  \vec{s}_2  = 100 \text{ მ}$



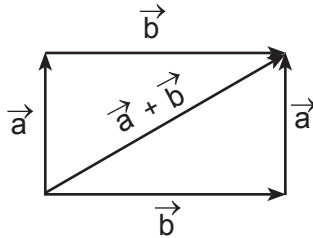
**ექსპერიმენტი**

1. გადატანითი, შეიძლება შევისწავლოთ მოძრაობა მხოლოდ ერთ წერტილზე დაკვირვებით.
2. ბრუნვითი, არ შეიძლება შევისწავლოთ მოძრაობა მხოლოდ ერთ წერტილზე დაკვირვებით.

**1.5. ვექტორები. მოქმედებები ვექტორებზე  
გააზრება**

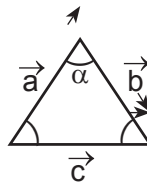
1. უ. დ.  $|\vec{a}| + |\vec{b}| = |\vec{b}| + |\vec{a}|$

ვექტორების შეკრების ეს თვისება გამომდინარეობს პარალელოგრამის წესიდან



2.  $\alpha - ?$

$ \vec{a}  =  \vec{b} $	$ \vec{c}  =  \vec{a}  =  \vec{b} $
$ \vec{c}  =  \vec{b} $	
$ \vec{c}  =  \vec{a} $	



პასუხი:  $\alpha = 60^\circ, \alpha = 120^\circ$

## საშინაო დავალება

1.  $\alpha = ?$

$\vec{a}; \vec{b}$ $ \vec{c}  <  \vec{a}  +  \vec{b} $ $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ $ \vec{c}  <  \vec{a} $ $ \vec{c}  <  \vec{b} $	$\alpha = 180^\circ$ $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$
--	---

2.  $\alpha = ?$

$\vec{a}; \vec{b}$ $ \vec{b}  >  \vec{c} $ $ \vec{b}  >  \vec{a} $	$120^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$ $\vec{b} = \vec{c} - \vec{a}$
--	---

3.  $\alpha = ?$

$ \vec{a}  =  \vec{b} $ $\vec{a} + \vec{b} = 0$	$\vec{a} + \vec{b} = 0$ $\alpha = 180^\circ$
--	---

4.  $\vec{a} + \vec{b} = ?$

$\vec{a}$ $\vec{b}$	$\vec{a}$ $\vec{b}$ $\vec{a} + \vec{b}$
ა) $\vec{a}$ $\vec{b}$	$\vec{a} + \vec{b}$
ბ)	

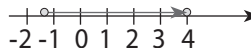


1.6. ვექტორის გეგმილი კოორდინატთა ღერძებზე გააზრება

	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$
$s_x$	3	-2	0	-2	1,5	-3
$s_y$	0	3	2	-4	-1	4

საშინაო დავალება

1.  $s_x - ?$

$x_0 = -1,4$ მ	
$x = 4$ მ	$s_x = x - x_0 = 4 - (-1,4) = 5,4$ მ

2.  $x_0 - ?$

$x = 100$ მ	$s_x = x - x_0$
$s_x = 90$ მ	$x_0 = x - s_x = 100 - 90 = 10$ მ

3. ა)  $A(1;1), D(3;1)$   
 ბ)  $|\vec{s}| = 2$   
 გ)  $s = AB + BC + CD = 2 + \sqrt{2^2+1^2} + 3 = 5 + \sqrt{5} \approx 7,24$  მ

1.7. წრფივი თანაბარი მოძრაობა. სიჩქარე გააზრება

1.  $t - ?$

$v = 80$ კმ/სთ	$t = \frac{s + l}{v}$
$l = 200$ მ = $0,2$ კმ	მატარებლის სიგრძეს ემატება გვირაბის სიგრძე.
$s = 80$ მ = $0,08$ კმ	$t = \frac{0,08 + 0,2}{80} = 0,0035$ სთ
	მატარებელი ვერ ჩაითვლება ნივთიერ წერტილად, რადგან მატარებლისა და გვირაბის სიგრძეები თანაზომადია და ორივეს ზომები უნდა გავითვალისწინოთ.

პასუხი:  $0.0035$  სთ =  $12,6$  წმ

2.  $t$  - ?

$v = 80$ კმ/სთ	$t = \frac{s}{v}$
$l = 200$ მ = $0,2$ კმ	
$s = 10$ კმ	

$t = \frac{10}{80} = 0,125$  სთ  $\approx 7,5$  წთ

მატარებლის სიგრძეს ემატება გვირაბის სიგრძე.

$t = \frac{10}{80} = 0,125$  სთ  $\approx 7,5$  წთ

მატარებელი ჩაითვლება ნივთიერ წერტილად, რადგან მატარებლის ზომები გაცილებით მცირეა იმ მანძილზე, რომელზეც მის გადაადგილებას ვიხილავთ.

**პასუხი:**  $0,125$  სთ  $\approx 7,5$  წთ

3.  $x_0$  - ?;  $v_x$  - ?;  $x$  - ?

$x = 50 + 3 t$	$x = x_0 + v_x t$
$t = 5$ წმ	

$x = 50 + 3 t$

$x_0 = 50$  მ

$v_0 = 3$  მ/წმ

$x = 50 + 3 \cdot 5 = 65$  მ

**პასუხი:**  $65$  მ

### საშინაო დავალება

1.  $v$  - ?

$v_x = 4$ მ/წმ	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
$v_y = 3$ მ/წმ	

$v = \sqrt{(4 \text{ მ/წმ})^2 + (3 \text{ მ/წმ})^2}$

$v = 5$  მ/წმ

**პასუხი:**  $5$  მ/წმ

2.  $v$  - ?

$v_x = 6$ მ/წმ	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
$v_y = 8$ მ/წმ	

$v = \sqrt{(6 \text{ მ/წმ})^2 + (8 \text{ მ/წმ})^2}$

$v = 10$  მ/წმ

**პასუხი:**  $10$  მ/წმ

3.  $v_x$  - ?

$x_0 = 5$ მ	$s_x = x - x_0$
$x = 25$ მ	
$t = 4$ წმ	

$s_x = 25 \text{ მ} - 5 \text{ მ} = 20 \text{ მ}$

$v_x = \frac{s_x}{t}$

$v_x = \frac{20 \text{ მ}}{4 \text{ წმ}} = 5 \text{ მ/წმ}$

**პასუხი:**  $5$  მ/წმ

4. $x(t) - ?$	$x = x_0 + v_x t$
$v_x = -5 \text{ მ/წმ}$	$x = 3 - 5t$
$x_0 = 3 \text{ მ}$	

სხეული მოძრაობს  $x$  ღერძის საპირისპიროდ.

**პასუხი:**  $x = 3 - 5t$

5. $s - ?$	$s_x = x - x_0$
$x = 5t$	$x_0 = 0$
$t = 3 \text{ წმ}$	$s_x = 5t$
	$s_x = 5 \cdot 3 = 15 \text{ მ}$

**პასუხი:**  $s = 15 \text{ მ}$

6. $t - ?; x - ?$	შეხვედრის მომენტში $x_1 = x_2$
$x_1 = 40 - 4t$	$40 - 4t = 4 + 2t$
$x_2 = 4 + 2t$	$6t = 36$
	$t = 6 \text{ წმ}$
	$x_2 = 4 + 2 \cdot 6 = 16 \text{ მ}$

**პასუხი:** შეხვედებიან ერთმანეთს მოძრაობის დაწყებიდან 6 წამის შემდეგ წერტილში, რომლის კოორდინატია 16.

7. $t_1 - ?; t_2 - ?$	$t_1 = \frac{s}{v_1}$ $t_2 = \frac{s}{v_2}$
$v_1 = 90 \text{ კმ/სთ}$	$15 \text{ მ/წმ} = 54 \text{ კმ/სთ}$
$v_2 = 15 \text{ კმ/სთ}$	$t_1 = \frac{280 \text{ კმ}}{90 \text{ კმ/სთ}} \approx 3,1 \text{ სთ}$
$s = 280 \text{ კმ}$	$t_2 = \frac{280 \text{ კმ}}{54 \text{ კმ/სთ}} \approx 5,2 \text{ სთ}$
	$t_2 - t_1 = 5,2 \text{ სთ} - 3,1 \text{ სთ} = 2,1 \text{ სთ}$

**პასუხი:** პირველი ავტომობილი უფრო მალე ჩავა დანიშნულების ადგილზე 2,1 საათით.

8. $t - ?$	$s_x = x - x_0$
$x = 25 \text{ t}$	$x_0 = 0$
$v = 25 \text{ მ/წმ} = 90 \text{ კმ/სთ}$	
$s = 25 \text{ კმ}$	$t_1 = \frac{s_x}{v_x} = \frac{25}{90 \text{ კმ/სთ}} = 16,7 \text{ წთ}$

**პასუხი:**  $t = 16,7 \text{ წთ}$

9. $s - ?$	$s = (v_1 - v_2) \cdot t$
$v_1 = 6 \text{ კმ/სთ}$	$s = (6 \text{ კმ/სთ} - 5 \text{ კმ/სთ}) \cdot 0,5 \text{ სთ}$
$v_2 = 5 \text{ კმ/სთ}$	$s = 0,5 \text{ კმ}$
$t = 0,5 \text{ სთ}$	

**პასუხი:**  $0,5 \text{ კმ}$

### კომენტარი

**რადარი და ლოკატორი** ერთი და იმავე შინაარსის მაჩვენებელი სიტყვებია. რადარი არის რადიოლოკაციური სადგური, ანუ რადიოლოკატორი. ლოკატორი რადიოლოკატორის მოკლე დასახელებაა, თუმცა ლოკატორი შეიძლება მხოლოდ რადიოტალღების მიმღები არ იყოს. ის შეიძლება იყენებდეს სინათლის ტალღებს ან აკუსტიკურ ტალღებს. აკუსტიკური ტალღები გამოყენებულია ექოლოკატორებში. ექოლოკატორებს იყენებენ საზღვაო ფლოტები (ექოლოკატორები, ინგლისურად ცნობილია „სონარის“ სახელწოდებით). ვინაიდან ზემაღალი სიხშირის რადიოტალღები წყალში არ ვრცელდება, ბგერითი ტალღები კი წყალში კარგად ვრცელდება.

**სპიდომეტრი** სიჩქარეს ზომავს გარკვეული სიზუსტით. ისინი სიჩქარეს ზუსტად ვერ ზომავენ. ეს დაკავშირებულია, უმეტესწილად, მონეობილობის კალიბრთან, რომლის ზუსტად გაკეთება საკმაოდ რთულია. აგრეთვე მხედველობაშია მისაღები ისიც, რომ სიჩქარე იზომება ერთ-ერთ მბრუნავ ღერძთან დაკავშირებული გადამცემით (რედუქტორით). მაგრამ მანქანის მოხვევისას შიდა ბორბალი უფრო ნაკლებ მანძილს გადის, ვიდრე გარე ბორბალი. ამის გამო სიჩქარე ზუსტად ვერ გაიზომება.

აგრეთვე, მანქანის სპიდომეტრის ჩვენებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ბორბლის ზომას. რაც უფრო მეტია ბორბლის დიამეტრი, მით მეტ მანძილს გაივლის მანქანა ბორბლის ერთი ბრუნის შესრულებისას. სპიდომეტრები კი სიჩქარეს ზომავენ ბორბლის ბრუნების რაოდენობით. ამიტომ დაგრა-დუორებისას ბორბლის ზომას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს.

## 1.8. წრფივი თანაბარი მოძრაობის მრავლიკები

### გააზრება

ა) OA უბანი, თანაბრად მოძრაობს OX ღერძის მიმართულებით;

$$s_x = x - x_0 = 55 \text{ კმ}; t = 2 \text{ სთ}; v_x = \frac{s_x}{t} = 27,5 \text{ კმ/სთ};$$

ბ) AB უბანი, უძრავია

$$s_x = x - x_0 = 0 \text{ კმ}; t = 2 \text{ სთ}; v_x = 0 \text{ კმ/სთ};$$

გ) BC უბანი, თანაბრად მოძრაობს OX ღერძის საპირისპირო მიმართულებით;

$$s_x = x - x_0 = -15 \text{ კმ}; t = 2 \text{ სთ}; v_x = \frac{s_x}{t} = -7,5 \text{ კმ/სთ};$$

დ) CD უბანი, უძრავია

$$s_x = x - x_0 = 0 \text{ კმ}; t = 1 \text{ სთ}; v_x = 0 \text{ კმ/სთ};$$

ე) DM უბანი, თანაბრად მოძრაობს, OX ღერძის მიმართულებით;

$$s_x = x - x_0 = 60 \text{ კმ}; t = 1 \text{ სთ}; v_x = \frac{s_x}{t} = 60 \text{ კმ/სთ};$$

ვ) MN უბანი, უძრავია

$$s_x = x - x_0 = 0 \text{ კმ}; t = 1 \text{ სთ}; v_x = 0 \text{ კმ/სთ};$$

ზ) NK უბანი, თანაბრად მოძრაობს, OX ღერძის საპირისპირო მიმართულებით;

$$s_x = x - x_0 = -100 \text{ კმ}; t = 1 \text{ სთ}; v_x = \frac{s_x}{t} = -100 \text{ კმ/სთ}.$$

**შენიშვნა:** შესაძლოა ეს კვლევა გამოიყენოთ კომპლექსური დავალების დასაგეგმად.

### საშინაო დავალება

1.  $v_1 - ?$ ;  $v_2 - ?$

$$s_1 = 60 \text{ კმ}$$

$$s_2 = 80 \text{ კმ}$$

$$t_1 = t_2 = t = 6 \text{ წმ}$$

$$v_1 = \frac{s_1}{t} = \frac{60 \text{ კმ}}{6 \text{ წმ}} = 10 \text{ მ/წმ}$$

$$v_2 = \frac{s_2}{t} = \frac{80 \text{ კმ}}{6 \text{ წმ}} \approx 13 \text{ მ/წმ}$$

$$v_2 > v_1; \quad s_2 > s_1$$

$$\text{ან } \frac{v_2}{v_1} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{80}{60} = \frac{4}{3}$$

რაც მეტია დახრის კუთხე, მით მეტია სიჩქარე

$s_1 - ?; s_2 - ?$	$s_1 = v_1 t = 6 \text{ მ/წმ} \cdot 3 \text{ წმ} = 18 \text{ მ}$
$v_1 = 6 \text{ მ/წმ}$	$s_2 = v_2 t = 2 \text{ მ/წმ} \cdot 3 \text{ წმ} = 6 \text{ მ}$
$v_2 = 2 \text{ მ/წმ}$	
$t = 3 \text{ წმ}$	<p style="text-align: right;"><b>პასუხი:</b> 18 მ; 6 მ.</p>

3.  $v(t)$  გრაფიკიდან ჩანს, რომ მოძრაობა თანაბარია მხოლოდ III უბანზე და ამ უბანზე სხეულის მიერ გავლილი მანძილი იქნება  
 $s = vt = 20 \text{ მ/წმ} \cdot 2 \text{ წმ} = 40 \text{ მ}$ .

$t_{12} - ?; x_{12} - ?$	$A. x_1 = x_2$
$t_{13} - ?; x_{13} - ?$	$60 - 10 t = 10 t$
$x_1 = 60 - 10 t$	$20 t = 60$
$x_2 = 10 t$	$t = 3 \text{ წმ}$
$x_3 = 5 t$	$x = 10 t = 10 \text{ მ/წმ} \cdot 3 \text{ წმ} = 30 \text{ მ}$
	$B. x_1 = x_3$
	$60 - 10 t = 5 t$
	$15 t = 60$
	$t = 4 \text{ წმ}$
	$x = 5 t = 5 \text{ მ/წმ} \cdot 4 \text{ წმ} = 20 \text{ მ}$
	<p style="text-align: right;"><b>პასუხი:</b> A. 3 წმ; 30 მ; B. 4 წმ; 20 მ.</p>

### 1.9. ამოცანების ამოხსნა

$s - ?; v - ?$	$s_x = x - x_0$
$t = 15 \text{ წთ} = 0.25 \text{ სთ}$	$s_y = y - y_0$
$x_0 = 1 \text{ კმ}$	$s = \sqrt{(s_x^2 + s_y^2)} = 5 \text{ კმ}$
$x = 5 \text{ კმ}$	$v = \frac{s}{t}$
$y_0 = 1 \text{ კმ}$	$v_x = \frac{5 \text{ კმ}}{0.25 \text{ სთ}} = 20 \text{ კმ/სთ}$
$y = 4 \text{ კმ}$	

**პასუხი:** 20 კმ/სთ.

2. $s_1 - ?; s_2 - ?$	$s_1 = v_1 t + v_2 t_1$ $s_1 = v_1 = 5 \text{ კმ/სთ} \cdot 4 \text{ წმ} + 115 \text{ კმ/სთ} \cdot 2 \text{ წმ}$ $s_1 = 50 \text{ მ}$
$t = 4 \text{ წმ}$	
$t_1 = 2 \text{ წმ}$	
$t_2 = 4 \text{ წმ}$	
$v_1 = 5 \text{ კმ/სთ}$	$s_2 = v_1 t + v_2 t_2$ $s_2 = 5 \text{ კმ/სთ} \cdot 4 \text{ წმ} + 115 \text{ კმ/სთ} \cdot 4 \text{ წმ}$ $s_2 = 80 \text{ მ}$
$v_2 = 15 \text{ კმ/სთ}$	

**პასუხი:** 50 მ; 80 მ.

3. $v_1 / v_2 - ?$	$s_1 = v_1 t_1$ $s_2 = v_2 t_2$ $v_1 t_1 = v_2 t_2$
$t_1 = 10 \text{ წმ}$	
$t_2 = 15 \text{ წმ}$	
$s_1 = s_2$	
	$\frac{v_1}{v_2} = \frac{t_2}{t_1} = \frac{15 \text{ წმ}}{10 \text{ წმ}} = 1,5$

**პასუხი:** 1,5-ჯერ მეტია მსუბუქი ავტომობილის სიჩქარე

4. $v_1 - ?; v_2 - ?$	$v_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{15 \text{ მ}}{3 \text{ წმ}} = 5 \text{ მ/წმ}$ $v_2 = \frac{s_2}{t_2} = \frac{20 \text{ მ}}{5 \text{ წმ}} = 4 \text{ მ/წმ}$
$t_1 = 3 \text{ წმ}$	
$s_1 = 15 \text{ მ}$	
$t_2 = 5 \text{ წმ}$	
$s_2 = 20 \text{ მ}$	

**პასუხი:**  $v_1 > v_2$

5. $v_1 - ?; v_2 - ?$	$v_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{20 \text{ მ}}{2 \text{ წმ}} = 10 \text{ მ/წმ}$ $v_2 = \frac{s_2}{t_2} = \frac{30 \text{ მ}}{5 \text{ წმ}} = 6 \text{ მ/წმ}$
$s_1 - ?; s_2 - ?$	
$t = 5 \text{ წთ} = 300 \text{ მ}$	
	$s_1 = v_1 t = 10 \text{ მ/წმ} \cdot 300 \text{ წმ} = 3000 \text{ მ} = 3 \text{ კმ}$ $s_2 = v_2 t = 6 \text{ მ/წმ} \cdot 300 \text{ წმ} = 1800 \text{ მ} = 1,8 \text{ კმ}$

**პასუხი:** 3 კმ; 1,8 კმ

$v_1 - ?; v_2 - ?$	$v_1 = (x_1 - x_0) / t_1 = 50 \text{ მ} / 40 \text{ წმ} = 1,25 \text{ მ/წმ}$
$v_1 / v_2 - ?;$	$v_2 = (x_2 - x_1) / t_2 = (-50 \text{ მ}) / 60 \text{ წმ} = (-5) / 6 \text{ მ/წმ}$
$v_{\text{საშ}} - ?$	$v_1 / v_2 = 1,5$
$t_1 = 40 \text{ წმ}$	$v_{\text{საშ}} = (v_1 t_1 + v_2 t_2) / (t_1 + t_2)$
$t_2 = 60 \text{ წმ}$	$v_{\text{საშ}} = (5/4 \text{ მ/წმ} \cdot 40 \text{ წმ} + 5/6 \text{ მ/წმ} \cdot 60 \text{ წმ}) / (40 \text{ წმ} + 60 \text{ წმ})$
$x_0 = 50 \text{ მ}$	$v_{\text{საშ}} = 1 \text{ მ/წმ}$
$x_1 = 100 \text{ მ}$	

**პასუხი:** 1,25 მ/წმ; (-5) / 6 მ/წმ; 1,5; 1 მ/წმ.

7. 8 წამში გადის 3 მეტრს, IV გრაფიკი შეესაბამება ცხრილის მონაცემებს.

8.	$s_1 = v_1 t_1 = 4 \text{ კმ/სთ} \cdot 0,5 \text{ სთ} = 2 \text{ კმ}$
	$s_2 = v_2 t_2 = 1 \text{ კმ/სთ} \cdot 0,5 \text{ სთ} = 0,5 \text{ კმ}$
	$s_1 = 4s_2$
	ამ მოძრაობის შესაბამისი დიაგრამაა „ა“

**პასუხი:** „ა“.

9. $s_1 - ?; s_2 - ?$	$s_1 = v_1 t_1 = 1 \text{ მ/წმ} \cdot 1 \text{ წმ} = 1 \text{ მ}$
	$s_2 = v_2 t_2 = 5 \text{ მ/წმ} \cdot 1 \text{ წმ} = 5 \text{ მ}$
	$s_3 = v_3 t_3 = 0 \text{ მ}$
	$s_4 = v_4 t_4 = 4 \text{ მ/წმ} \cdot 1 \text{ წმ} = 4 \text{ მ}$
	$s = 1 \text{ მ} + 5 \text{ მ} + 0 \text{ მ} + 4 \text{ მ} = 10 \text{ მ}$

**პასუხი:** მცდარია „დ“ მტკიცებულება

## 1.10. სიჩქარეთა შეკრების კანონი

### გააზრება

1.ა) თუ უძრავი არიან ესკალატორის მიმართ და ესკალატორების სიჩქარე ტოლია

ბ) უნდა იმოძრაონ ესკალატორის მოძრაობის საპირისპიროდ იმავე სიჩქარით, რაც ესკალატორს აქვს.

2.  $v_{\text{ფარ}} = v_1 - v_2 = 10 \text{ მ/წმ} - 4 \text{ მ/წმ} = 6 \text{ მ/წმ}$

**პასუხი:** სპორტსმენი ხეს შორდება 6მ/წმ სიჩქარით.

3. **პასუხი:** მოცემული სქემების მიხედვით მოსწავლე აღწერს თითოეულ სიტუაციას.



**საშინაო დავალება**

1. $s - ?; v_{12} - ?; v_{21} - ?$	$s = s_1 + s_2 = v_1 t + v_2 t = t(v_1 + v_2)$
$v_1 = 25 \text{ მ/წმ} = 90 \text{ კმ/სთ}$	$s = 1.5 \text{ სთ} (90 \text{ კმ/სთ} + 90 \text{ კმ/სთ}) = 270 \text{ კმ}$
$v_2 = 90 \text{ კმ/სთ}$	$v_{12} = v_{21} = v_1 + v_2 = 180 \text{ კმ/სთ}$
$t = 1,5 \text{ სთ}$	

**პასუხი:** 270 კმ;  $v_{12} = v_{21} = 180 \text{ კმ/სთ}$

2. $s_1 - ?; s_2 - ?; v_{12} - ?$	ა) $v_{12} = v_{21} = v_2 - v_1 = 30 \text{ კმ/სთ}$
$v_1 = 60 \text{ კმ/სთ}$	ბ) $s_1 = v_{12} t_1 = 30 \text{ კმ/სთ} \cdot 1 \text{ სთ} = 30 \text{ კმ}$
$v_2 = 90 \text{ კმ/სთ}$	გ) $s_2 = v_{12} t_2 = 30 \text{ კმ/სთ} \cdot 2 \text{ სთ} = 60 \text{ კმ}$
$t_1 = 1 \text{ სთ}$	დ) $s = v_{12} t_3 = 30 \text{ კმ/სთ} \cdot 1,5 \text{ სთ} = 45 \text{ კმ}$
$t_2 = 2 \text{ სთ}$	
$t_3 = 1,5 \text{ სთ}$	

**პასუხი:** 30 კმ/სთ; 30 კმ; 60 კმ; 45 კმ.

3. $v - ?$	$v = v_1 - v_2$
$v_1 = 18 \text{ მ/წმ}$	$v = 18 \text{ მ/წმ} - 4 \text{ მ/წმ} = 14 \text{ მ/წმ}$
$v_2 = 4 \text{ მ/წმ}$	

**პასუხი:** 14 მ/წმ

**1.11. შემატანებელი ბაკვეთილი**

**საშინაო დავალება**

1.

	1	2	3	4	5
1	0	10	55	80	70
2	10	0	45	70	60
3	55	45	0	25	15
4	80	70	25	0	10
5	70	60	15	10	0

2. ა)  $v = v_1 + v_2 = 5 \text{ მ/წმ} + 7 \text{ მ/წმ} = 12 \text{ მ/წმ}$   
 ბ)  $v = v_1 = 5 \text{ მ/წმ}$   
 გ)  $v_{13} = v_1 + v_3 = 12 \text{ მ/წმ} + 8 \text{ მ/წმ} = 20 \text{ მ/წმ}$   
 დ)  $v_{32} = v_3 + v_2 = 8 \text{ მ/წმ} + 7 \text{ მ/წმ} = 15 \text{ მ/წმ}$

**პასუხი:** 12 მ/წმ; 5 მ/წმ; 20 მ/წმ; 15 მ/წმ.

<p>3. <math>t_1 - ?; t_2 - ?</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>s = 30 \text{ კმ}</math>  <math>v_1 = 50 \text{ კმ/სთ}</math>  <math>v_2 = 10 \text{ კმ/სთ}</math></p>	$t_1 = \frac{s}{v} = \frac{s}{v_1 + v_2}$ $t_1 = \frac{30 \text{ კმ}}{50 \text{ კმ/სთ} + 10 \text{ კმ/სთ}} = 0,5 \text{ სთ}$ $t_2 = \frac{s}{v} = \frac{s}{v_1 - v_2}$ $t_2 = \frac{30 \text{ კმ}}{50 \text{ კმ/სთ} - 10 \text{ კმ/სთ}} \approx 0,75 \text{ სთ}$ $t_1 < t_2$
--	--

**პასუხი:** 0,5 სთ;  $\approx 0,75$  სთ;  $t_1 < t_2$

<p>4. <math>v - ?; s - ?</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>t_1 = 5 \text{ წმ}</math>  <math>s_1 = 18 \text{ მ}</math>  <math>t_2 = 5 \text{ წმ}</math>  <math>s_2 = 7 \text{ მ}</math></p>	$v_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{18 \text{ მ}}{5 \text{ წმ}} = 3,6 \text{ მ/წმ}$ $v_2 = \frac{s_2}{t_2} = \frac{7 \text{ მ}}{5 \text{ წმ}} = 1,4 \text{ მ/წმ}$ $v = v_1 + v_2 = 5 \text{ მ/წმ}$ $s = v t$ $s = 5 \text{ მ/წმ} \cdot 5 \text{ წმ} = 25 \text{ მ}$ $s = s_1 + s_2 = 18 + 7 = 25 \text{ მ}$
---	--

**პასუხი:** 5 მ/წმ; 25 მ

## თავი 2. არათანაბარი მოძრაობა

### 2.1. არათანაბარი მოძრაობა. საშუალო სიჩქარე

#### გააზრება

გრაფიკი სურ. 6 ა

I – 15 მ/წმ;

II – 60 მ/წმ;

III – 15 მ/წმ;

$$v_{\text{საშ}} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

$$v_{\text{საშ}} = \frac{135 \text{ მ}}{6 \text{ წმ}} = 22,5 \text{ მ/წმ}$$

გრაფიკი სურ. 6 ბ

1) 0 – 1 წმ;  $v = 3 \text{ მ/წმ}$ ;  $s = v t = 1 \cdot 3 = 3 \text{ მ}$

2) 1 – 2 წმ;  $v = 5 \text{ მ/წმ}$ ;  $s = v t = 1 \cdot 5 = 5 \text{ მ}$

3) 2 – 4 წმ;  $v = 0 \text{ მ/წმ}$ ;  $s = 0 \text{ მ}$

4) 4 – 6 წმ;  $v = 4 \text{ მ/წმ}$ ;  $s = v t = 2 \cdot 4 = 8 \text{ მ}$

$$v_{\text{საშ}} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + s_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}$$

$$v_{\text{საშ}} = \frac{3 \text{ მ} + 5 \text{ მ} + 0 \text{ მ} + 8 \text{ მ}}{1 \text{ წმ} + 1 \text{ წმ} + 0 \text{ წმ} + 2 \text{ წმ}}$$

$$v_{\text{საშ}} = \frac{1,6 \text{ მ}}{10 \text{ წმ}} = 1,6 \text{ მ/წმ}$$

პასუხი: 1,6 მ/წმ

#### საშინაო დავალება

1.  $v_{\text{საშ}} = ?$

$s_1 = 3 \text{ კმ}$

$s_2 = 0,2 \text{ კმ}$

$s_3 = 4 \text{ კმ}$

$t_1 = 20 \text{ წთ}$

$t_2 = 10 \text{ წთ}$

$t_3 = 0,5 \text{ სთ} = 30 \text{ წთ}$

$$v_{\text{საშ}} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

$$v_{\text{საშ}} = \frac{3 \text{ კმ} + 0,2 \text{ კმ} + 4 \text{ კმ}}{20 \text{ წთ} + 10 \text{ წთ} + 30 \text{ წთ}}$$

$$v_{\text{საშ}} = \frac{7,2 \text{ კმ}}{1 \text{ სთ}} = 7,2 \text{ კმ/სთ}$$

პასუხი: 7,2 კმ/სთ

2. $v_{\text{საშ}} - ?$  $s_1 = s_2 = s / 2$ $v_1 = 10 \text{ მ/წმ}$ $v_2 = 15 \text{ მ/წმ}$	$v_{\text{საშ}} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{s}{\frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}$ $v_{\text{საშ}} = \frac{2 \cdot 10 \text{ მ/წმ} \cdot 15 \text{ მ/წმ}}{10 \text{ მ/წმ} + 15 \text{ მ/წმ}} = 12 \text{ მ/წმ}$
--	--

**პასუხი:** 12 მ/წმ

## 2.2. წრფივი თანაბარჩქარეობის მოძრაობა. აჩქარება

### გააზრება

1. $a_2/a_1 - ?$  $v_1 = 2 \text{ მ/წმ}$ $v_2 = 4 \text{ მ/წმ}$ $v' = 6 \text{ მ/წმ}$ $t_1 = t_2 = t$	$a_1 = \frac{v' - v_1}{t}$ $a_2 = \frac{v' - v_2}{t}$ $\frac{a_2}{a_1} = \frac{v' - v_2}{t} : \frac{v' - v_1}{t} = \frac{v' - v_2}{v' - v_1}$ $\frac{a_2}{a_1} = \frac{6 - 4}{6 - 2} = \frac{1}{2}$
--	---

**პასუხი:** პირველი მოძრაობს ორჯერ მეტი აჩქარებით

2. ა) ავტომანქანა 3 მ/წმ<sup>2</sup>; ცხენი 2 მ/წმ<sup>2</sup>; მატარებელი 3 მ/წმ<sup>2</sup>;  
 ბ) ველოსიპედი;  
 გ) მოდულებით ტოლია, მიმართულებით საპირისპირო.
  
3. თუ სიჩქარისა და აჩქარების მიმართულება ერთმანეთს ემთხვევა, სხეულის სიჩქარე იზრდება;  
 თუ სიჩქარისა და აჩქარების მიმართულება ურთიერთსაპირისპიროა, სხეულის სიჩქარე მცირდება.

**საშინაო დავალება**

1. $v - ?$	$v = v_0 + at$
$a = 0,2 \text{ მ/წმ}^2$	$v = 0.2 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 60 \text{ წმ}$
$t = 1 \text{ წთ} = 60 \text{ წმ}$	$v = 12 \text{ მ/წმ}$
$v_0 = 0$	

**პასუხი:** 12 მ/წმ

2. $a - ?$	$a = \frac{v - v_0}{t}$
$v_0 = 10 \text{ მ/წმ}$	$a = \frac{0 \text{ მ/წმ} - 10 \text{ მ/წმ}}{10 \text{ წმ}}$
$v = 0$	$a = -1 \text{ მ/წმ}^2$
$t = 10 \text{ წმ}$	

**პასუხი:** - 1 მ/წმ<sup>2</sup>

3. $a_2/a_1 - ?$	$a_1 = \frac{v_1}{t_1}$
$v_2 = 6 v_1$	$a_2 = \frac{v_2}{t_2}$
$t_1 = 2t_2$	$\frac{a_2}{a_1} = \frac{v_2}{t_2} \cdot \frac{t_1}{v_1} = \frac{v_2 t_1}{v_1 t_2}$
	$\frac{a_2}{a_1} = \frac{6 v_1 \cdot 2 t_2}{v_1 t_1} = 12 \text{ ჯერ}$

**პასუხი:** აჩქარება გაიზრდება 12-ჯერ

4. $a - ?$	$a = \frac{v - v_0}{t}$
$v_0 = 10 \text{ მ/წმ}$	$a = \frac{25 \text{ მ/წმ} - 10 \text{ მ/წმ}}{120 \text{ წმ}}$
$v = 90 \text{ კმ/სთ} = 25 \text{ მ/წმ}$	$a = 0,125 \text{ მ/წმ}^2$
$t_1 = 2 \text{ წთ} = 120 \text{ წმ}$	

**პასუხი:** 0,125 მ/წმ<sup>2</sup>

## 2.3. თანაბარჩქარეული მოძრაობის გრაფიკული გამოსახვა

### გააზრება

1 – დ; 2 – ა; 3 – გ; 4 – ბ.

	ა	ბ	გ	დ
1				X
2	X			
3			X	
4		X		

### საშინაო დავალება

1. ა)  $v = v_0 + at$

$$a = \frac{8 \text{ მ/წმ}}{6 \text{ წმ}} = \frac{4}{3} \text{ მ/წმ}^2$$

$$v = \frac{4}{3} t$$

ბ)  $v_0 = 6 \text{ მ/წმ}$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 6}{6} = -1 \text{ მ/წმ}^2$$

$$v = 6 - t$$

გ)  $v_0 = 2 \text{ მ/წმ}$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{4 - 2}{4} = 0,5 \text{ მ/წმ}^2$$

$$v = 2 + 0,5 t$$

დ)  $v = 4 \text{ მ/წმ}$  – მოძრაობა თანაბარია

$$v = 4 \text{ მ/წმ} = \text{const}$$

$$2. a_1 = \frac{v - v_0}{t} = \frac{4 \text{ მ/წმ}}{2 \text{ წმ}} = 2 \text{ მ/წმ}^2$$

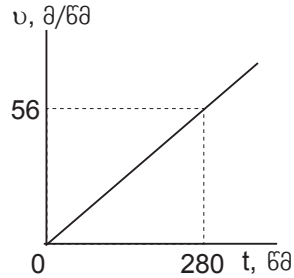
$$a_2 = \frac{v - v_0}{t} = \frac{8 \text{ მ/წმ}}{2 \text{ წმ}} \approx 4 \text{ მ/წმ}^2$$

$$a_1 < a_2$$

**პასუხი:**  $\approx 4 \text{ მ/წმ}^2$

3. t-?; v(t)	$t = \frac{v - v_0}{a}$
$v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$	$t = \frac{56 \text{ მ/წმ} - 0 \text{ მ/წმ}}{0,2 \text{ მ/წმ}^2}$
$v = 56 \text{ მ/წმ}$	$t = 280 \text{ წმ}$
$a = 0,2 \text{ მ/წმ}^2$	

**პასუხი:** 280 წმ



4. ა) მოძრაობდა 6 წმ-ის განმავლობაში;

ბ) დროთა ღერძთან გადაკვეთის წერტილი გვიჩვენებს, რომ სხეული გაჩერდა და შეიცვალა მოძრაობის მიმართულება;

გ)  $a_{AB} = -2 \text{ მ/წმ}^2$  მოძრაობა თანაბარაჩქარებულია, აჩქარება მიმართულია OX ღერძის საპირისპიროდ;

$a_{BC} = 0 \text{ მ/წმ}^2$  სხეული მოძრაობს თანაბარად OX ღერძის საპირისპიროდ.

$a_{CD} = 1 \text{ მ/წმ}^2$  მოძრაობა თანაბარაჩქარებულია, აჩქარების მიმართულება ემთხვევა OX ღერძის მიმართულებას.

## 2.4. გადაადგილება თანაბარაჩქარებულ მოძრაობისას

### საშინაო დავალება

1. t-?	$s = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$
$v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$	$t = \sqrt{2s / a}$
$s = 36 \text{ მ}$	$t = \sqrt{(2 \cdot 36 \text{ მ}) / 2 \text{ მ/წმ}^2}$
$a = 2 \text{ მ/წმ}^2$	$t = 6 \text{ წმ}$

**პასუხი:** 6 წმ

$$\begin{array}{l|l}
 2. \quad s_4 - ? & s_1 : s_2 : s_3 : s_4 = 1 : 3 : 5 : 7 \\
 s_1 = 2 \text{ მ} & s_1 : s_4 = 1 : 7 \\
 & s_4 = 7s_1 \\
 & s_4 = 7 \cdot 2 = 14 \text{ მ}
 \end{array}$$

პასუხი: 14 მ

$$\begin{array}{l|l}
 3. \quad s - ? & s = s_1 + s_2 \\
 t_1 = 3 \text{ წმ} & s_1 = v_1 t_1 = 4 \text{ მ/წმ} \cdot 3 \text{ წმ} = 12 \text{ მ} \\
 v_1 = 4 \text{ მ/წმ} & t_3 = 2 \text{ წმ} \\
 t_2 = 3 \text{ წმ} & s_2 = v_1 t_3 + \frac{a t_3^2}{2} = 8 + 6 = 14 \text{ მ} \\
 a = 3 \text{ მ/წმ}^2 & \\
 t = 5 \text{ წმ} & s = 12 \text{ მ} + 14 \text{ მ} = 26 \text{ მ}
 \end{array}$$

პასუხი: 26 მ

$$\begin{array}{l|l}
 4. \quad a - ?; v - ? & s = v_0 t + \frac{a t^2}{2} \\
 v_0 = 0 \text{ მ/წმ} & \\
 t = 2 \text{ წმ} & a = \frac{2s}{t^2} \\
 & a = \frac{2 \cdot 2 \text{ მ}}{2 \text{ წმ}^2} = 1 \text{ მ/წმ}^2 \\
 & v = v_0 + at \\
 & v = 1 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 2 \text{ წმ} = 2 \text{ მ/წმ}
 \end{array}$$

პასუხი: 1 მ/წმ<sup>2</sup>; 2 მ/წმ

$$\begin{array}{l|l}
 5. \quad v - ? & v_0 = 4 \text{ მ/წმ} \\
 x = 3 + 4 t + 5 t^2 & a = 10 \text{ მ/წმ}^2 \\
 t = 2 \text{ წმ} & v = v_0 + at \\
 & v = 4 \text{ მ/წმ} + 10 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 2 \text{ წმ} \\
 & v = 24 \text{ მ/წმ}
 \end{array}$$

პასუხი: 24 მ/წმ



## 2.5. ამოცანების ამოხსნა

1. 1 – გ; 2 – ბ; 3 – ა; 4 – ე; 5 – დ.

	ა	ბ	გ	დ	ე
1			X		
2		X			
3	X				
4					X
5				X	

$$\begin{array}{l}
 2. \quad \underline{s - ?} \\
 t = 8 \text{ წმ} \\
 v_0 = 10 \text{ მ/წმ} \\
 v = 20 \text{ მ/წმ} \\
 t_1 = 5 \text{ წმ}
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 a = \frac{v - v_0}{t_1} \\
 a = \frac{20 \text{ მ/წმ} - 10 \text{ მ/წმ}}{5 \text{ წმ}} \\
 a = 2 \text{ მ/წმ}^2 \\
 s = v_0 t + \frac{a t^2}{2} \\
 s = 10 \text{ მ/წმ} \cdot 8 \text{ წმ} + \frac{2 \text{ მ/წმ}^2 \cdot (8 \text{ წმ})^2}{2} = 80 + 64 = 144 \\
 s = 144 \text{ მ}
 \end{array}
 \right.$$

**პასუხი:** 144 მ

$$\begin{array}{l}
 3. \quad \underline{s - ?} \\
 v_0 = 30 \text{ მ/წმ} \\
 v = 10 \text{ მ/წმ} \\
 t = 5 \text{ წმ}
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 s = \frac{v + v_0}{2} \cdot t \\
 s = \frac{10 \text{ მ/წმ} + 30 \text{ მ/წმ}}{2} \cdot 5 \text{ წმ} \\
 s = 100 \text{ მ}
 \end{array}
 \right.$$

**პასუხი:** 100 მ

$$4. x = 2 + 3t - 4t^2$$

სხეული მოძრაობს თანაბარაჩქარებულად: აჩქარების გეგმილი  $a_x = -8$  მ/წმ<sup>2</sup>; საწყისი კოორდინატია  $x_0 = 2$  მ, ხოლო საწყისი სიჩქარის გეგმილი  $v_{0x} = 3$  მ/წმ.

5. $t - ?$ $v_0 = 0$ მ/წმ $v = 12$ მ/წმ $s = 50$ მ $t_1 = 3$ წმ	$a = \frac{v - v_0}{t_1}$ $a = \frac{12 \text{ მ/წმ}}{3 \text{ წმ}} = 4 \text{ მ/წმ}^2$ $s = v_0 + \frac{a t^2}{2}$ $t = \sqrt{2s / a}$ $t = \sqrt{(2 \cdot 50 \text{ მ}) / 4 \text{ მ/წმ}^2}$ $t = 5 \text{ წმ}$
---	---

პასუხი: 5 წმ

6. $s_2 - ?; s_3 - ?$ $a_1 = a_2$ $v_0 = 0$ მ/წმ $t_1 = 1$ წმ $t_2 = 2$ წმ $t_3 = 3$ წმ $s_1 = 3$ მ	$s_1 = \frac{a t_1^2}{2}$ $s_2 = \frac{a t_2^2}{2}$ $s_3 = \frac{a t_3^2}{2}$ $\frac{s_1}{s_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2}$ $\frac{3 \text{ მ}}{s_2} = \frac{(1 \text{ წმ})^2}{(2 \text{ წმ})^2}$ $s_2 = 12 \text{ მ}$ $\frac{s_2}{s_3} = \frac{t_2^2}{t_3^2}$ $\frac{12 \text{ მ}}{s_3} = \frac{(2 \text{ წმ})^2}{(3 \text{ წმ})^2}$ $s_3 = 27 \text{ მ}$
---	--

პასუხი: 12 მ; 27 მ

ამოხსნის მეორე ვარიანტი

$$s_1 = a t_1^2 / 2;$$

$$a = 2 s_1 / t_1^2 = (2 \cdot 3 \text{ მ}) / (1 \text{ წმ})^2 = 6 \text{ მ/წმ}^2$$

$$s_2 = a t_2^2 / 2;$$

$$s_2 = (6 \text{ მ/წმ}^2 \cdot (2 \text{ წმ})^2) / 2 = 12 \text{ მ}$$

$$s_3 = a t_3^2 / 2;$$

$$s_3 = (6 \text{ მ/წმ}^2 \cdot (3 \text{ წმ})^2) / 2 = 27 \text{ მ}$$

**პასუხი:** 12 მ; 27 მ

7.  $v_{\text{საშ}} - ?$

$$s_1 = s_2 = s/2$$

$$v_1 = 10 \text{ მ/წმ}$$

$$v_2 = 15 \text{ მ/წმ}$$

$$v_{\text{საშ}} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{s}{\frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}$$

$$v_{\text{საშ}} = \frac{2 \cdot 10 \text{ მ/წმ} \cdot 15 \text{ მ/წმ}}{10 \text{ მ/წმ} + 15 \text{ მ/წმ}}$$

$$v_{\text{საშ}} = 12 \text{ მ/წმ}$$

**პასუხი:** 12 მ/წმ

8.  $a - ?; s - ?$

$$v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$$

$$v = 10 \text{ მ/წმ}$$

$$t = 5 \text{ წმ}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t_1} = \frac{10 \text{ მ/წმ} - 0 \text{ მ/წმ}}{5 \text{ წმ}} = 2 \text{ მ/წმ}^2$$

$$s = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$s = \frac{2 \text{ მ/წმ}^2 \cdot (5 \text{ წმ})^2}{2}$$

$$s = 25 \text{ მ}$$

**პასუხი:** 2 მ/წმ<sup>2</sup>; 25 მ

9.  $s - ?$

$$v_0 = 20 \text{ მ/წმ}$$

$$v = 0 \text{ მ/წმ}$$

$$a = -2 \text{ მ/წმ}^2$$

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$s = \frac{(0 \text{ მ/წმ})^2 - (20 \text{ მ/წმ})^2}{2 \cdot (-2 \text{ მ/წმ}^2)}$$

$$s = 100 \text{ მ}$$

**პასუხი:** 100 მ

10. $v_{\text{საშ}} - ?$ $t_1 = t_2 = t / 2$ $v_1 = 15 \text{ მ/წმ}$ $v_2 = 20 \text{ მ/წმ}$	$v_{\text{საშ}} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ $v_{\text{საშ}} = \frac{15 \text{ მ/წმ} + 20 \text{ მ/წმ}}{2}$ $v_{\text{საშ}} = 17,5 \text{ მ/წმ}$
---	--

**პასუხი: 17,5 მ/წმ**

11. $s_6 - ?$ $a_1 = a_2$ $s_1 = 2 \text{ მ}$ $t_1 = 1 \text{ წმ}$	$s_1 = \frac{a t_1^2}{2}; \quad a = \frac{2 s_1}{t_1^2} = \frac{2 \cdot 2 \text{ მ}}{(1 \text{ წმ})^2} = 4 \text{ მ/წმ}^2$ $s_6 = \frac{a (t_6^2 - t_5^2)}{2}$ $s_6 = \frac{4 \text{ მ/წმ}^2}{2} \cdot ((6 \text{ წმ})^2 - (5 \text{ წმ})^2)$ $s_6 = 22 \text{ მ}$
---	--

**პასუხი: 22 მ**

**ამოხსნის მეორე ვარიანტი:**

თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას ყოველ მომდევნო წამში გავლილი მანძილები ყოველი მომდევნო კენტი რიცხვების პროპორციულად იზრდება. მეექვსე წამში გაივლის:

$$s_6 = 11s_1 = 22 \text{ მ}$$

## 2.6. თავისუფალი ვარდნა

### გააზრება

1. ჰაერის ამოტუბვის შემდეგ ყველა სხეული თავისუფლად ვარდება ერთნაირი აჩქარებით და ერთდროულად ეცემა მილის ფსკერზე; ყველა სხეულის ვარდნას ჰაერში მეტი დრო სჭირდება, რადგან მათზე სიმძიმის ძალის გარდა მოქმედებს ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა და ამცირებს სხეულების სიჩქარეს.
2. პარაშუტისტის ვარდნას შეესაბამება „გ“ გრაფიკი, რადგან პარაშუტისტი პარაშუტის გახსნამდე მოძრაობს თანაბრაჩქარებულად, გახსნის შემდეგ – თანაბარშენელებულად და შემდეგ – თანაბრად.

3. რადგან ორივე სხეული თავისუფლად ვარდება, მათი აჩქარებები ტოლია. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ორივე იწყებს ვარდნას უსაწყისო სიჩქარით ერთნაირი სიმაღლიდან, დაცემის მომენტში მათ ერთნაირი სიჩქარე ექნებათ (ფორმულიდან ჩანს, რომ სიჩქარე არ არის დამოკიდებული მასაზე):

$$h = \frac{v^2}{2g}; \quad v = \sqrt{2gh}$$

**საშინაო დავალება**

1.  $h - ?; v_0 - ?$  ზემოთ ასვლას დასჭირდებოდა 4 წმ დრო.

$$t = 8 \text{ წმ}$$

$$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$$

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \text{ მ/წმ}^2 \cdot (4 \text{ წმ})^2}{2};$$

$$h = 80 \text{ მ}$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g};$$

$$v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot \text{მ/წმ}^2 \cdot 80 \text{ მ}}; \quad v_0 = 40 \text{ მ/წმ}$$

$$\text{ან } v_0 = gt = 10 \cdot 4 = 40 \text{ მ/წმ}$$

**პასუხი: 40 მ/წმ; 80 მ**

2.  $t - ?$

$$v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$$

$$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$$

$$h = 180 \text{ მ}$$

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 180 \text{ მ}}{10 \text{ მ/წმ}^2}};$$

$$t = 6 \text{ წმ}$$

**პასუხი: 6 წმ**

3.  $h_1 - ?; h_2 - ?;$   
 $v_1 - ?; v_2 - ?$

$$h_{\text{მაქს}} = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} = \frac{(40 \text{ მ/წმ})^2}{2 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2} = 80 \text{ მ}$$

$$t_1 = 3 \text{ წმ}$$

$$t_2 = 5 \text{ წმ}$$

$$v_0 = 40 \text{ მ/წმ}$$

$$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}};$$

$$t = \sqrt{\frac{(2 \cdot 80 \text{ მ})}{10 \text{ მ/წმ}^2}}$$

$$t = 4 \text{ წმ}$$

3 წამის შემდეგ სხეული იქნება სიმაღლეზე

$$h_1 = v_0 t_1 - \frac{gt^2}{2}$$

$$h_1 = 75 \text{ მ}$$

$$v_1 = v_0 - gt = 40 \text{ მ/წმ} - 30 \text{ მ/წმ}$$

$$v_1 = 10 \text{ მ/წმ}$$

მოძრაობის დაწყებიდან 4 წამის შემდეგ სხეული მიაღწევს 80 მ სიმაღლეს და იწყებს დაშვებას დაბლა, ამიტომ მეხუთე წამის შემდეგ იმავე სიმაღლეზე აღმოჩნდება და იგივე სიჩქარე ექნება, რაც სამი წამის ბოლოს

$$h_1 = h_2 = 75 \text{ მ}$$

$$v_1 = v_2 = 10 \text{ მ/წმ}$$

პირველ შემთხვევაში სიჩქარე მიმართულია ზევით, მეორეში – ქვევით.

**პასუხი:**  $h_1 = h_2 = 75 \text{ მ}; v_1 = v_2 = 10 \text{ მ/წმ}$

4.  $v_{01} / v_{02} - ?$

$$h_1 = 4 h_2$$

$$v_{01} = \sqrt{2gh_1}$$

$$v_{02} = \sqrt{2gh_2}$$

$$\frac{v_{01}}{v_{02}} = \sqrt{\frac{2gh_1}{2gh_2}} = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} = 2$$

**პასუხი:** 2 - ჯერ მეტი

5. $t - ?$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ $h = 20 \text{ მ}$	$t = t_1 + t_2 = 2 t_1$ $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ $t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \text{ მ}}{10 \text{ მ/წმ}^2}}$ $t_1 = 2 \text{ წმ}$ $t = 2 t_1 = 4 \text{ წმ}$
--	---

**პასუხი: 4 წმ**

## 2.7. მრუდწირული მოძრაობა

### გააზრება

1. $T_1 - ? v_1 - ?;$ $T_2 - ? v_2 - ?;$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> $N_1 = 1$ $N_2 = 5$ $t = 1 \text{ წმ}$	$v_1 = t_1 + t_2 = 2 t_1$ $v_1 = \frac{N_1}{t} = \frac{1}{1} = 1 \text{ ჰც}$ $v_2 = \frac{N_2}{t} = \frac{5}{1} = 5 \text{ ჰც}$  $T_1 = \frac{1}{v}$ $T_1 = 1 \text{ წმ}$ $T_2 = 0,2 \text{ წმ}$
--	--

**პასუხი: 1 წმ; 1 ჰც; 0,2 წმ; 5 ჰც**

2. $v_1 - ?; v_2 - ?;$ $v_3 - ?$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> $T_1 = 12 \text{ სთ} = 43200 \text{ წმ}$ $T_2 = 3600 \text{ წმ}$ $T_3 = 60 \text{ წმ}$	$v_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{43200 \text{ წმ}} = 0,000023 \text{ ჰც}$ $v_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{3600 \text{ წმ}} = 0,00028 \text{ ჰც}$ $v_3 = \frac{1}{T_3} = \frac{1}{60 \text{ წმ}} = 0,017 \text{ ჰც}$
--	--

**პასუხი: 0,000023 ჰც; 0,00028 ჰც; 0,017 ჰც**

## საშინაო დავალება

$$\begin{array}{l|l}
 1. \quad v - ?; T - ? & \\
 \hline
 N = 12 & v = \frac{N}{t} = \frac{12}{60 \text{ წმ}} = 0,2 \text{ ჰც} \\
 t = 1 \text{ წთ} = 60 \text{ წმ} & T = \frac{1}{v} = \frac{1}{0,2 \text{ ჰც}} = 5 \text{ წმ}
 \end{array}$$

პასუხი: 0,2 ჰც; 5 წმ

$$\begin{array}{l}
 2. \quad 2400 \text{ ბრ/წთ} = 2400 \text{ ბრ}/60 \text{ წმ} = 40 \text{ ჰც} \\
 360 \text{ ბრ/წთ} = 360 \text{ ბრ}/60 \text{ წმ} = 6 \text{ ჰც} \\
 1800 \text{ ბრ/წთ} = 1800 \text{ ბრ}/60 \text{ წმ} = 30 \text{ ჰც}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l}
 3. \quad T - ? & \\
 \hline
 v = 1500 \text{ ბრ/წთ} = 25 \text{ ჰც} & T = \frac{1}{v} = \frac{1}{25 \text{ ჰც}} = 0,04 \text{ წმ}
 \end{array}$$

პასუხი: 0,04 წმ

## 2.8. სიჩქარე წრეწირზე მოძრაობისას

### გააზრება

- წირითი სიჩქარე (ა) საათის ისრის წვეროს (ბ)-ზე მეტი აქვს, ხოლო კუთხური სიჩქარეები ტოლია.

$$\begin{array}{l|l}
 2. \quad v_2 / v_1 - ? & v_1 = \frac{2\pi R_1}{T_1} \\
 \hline
 T_1 = 4 T_2 & v_2 = \frac{2\pi R_2}{T_2} \\
 R_2 = 2 R_1 & \frac{v_2}{v_1} = \frac{R_2 T_1}{R_1 T_2} = 8
 \end{array}$$

მეორე ბორბლის წირითი სიჩქარე 8-ჯერ მეტია პირველის წირით სიჩქარეზე

პასუხი: 8-ჯერ



საშინაო დავალება

$$1. v_1 = \frac{3}{4} l ; v_2 = \frac{1}{2} l ; \frac{v_1}{v_2} = \frac{3}{2} ; \frac{v_1}{v_2} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{2}{3} ;$$

$$2. v - ? ; \omega - ? \quad \left| \begin{array}{l} v = \frac{2\pi R}{T} \\ R = 6400 \text{ კმ} \\ T = 24 \text{ სთ} \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6400 \text{ კმ}}{24 \text{ სთ}} \\ v \approx 1675 \text{ კმ/სთ} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \approx 0,26 \text{ რად/სთ} \end{array} \right.$$

პასუხი:  $\approx 1675$  კმ/სთ;  $\approx 0,26$  რად/სთ

$$3. \omega - ? \quad \left| \begin{array}{l} \omega = 2\pi v \\ v = 12 \text{ ბრ/წთ} = 0,2 \text{ ჰც} \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} \omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 = 1,25 \text{ რად/წმ} \end{array} \right.$$

პასუხი: 1,25 რად/წმ

$$4. \frac{v_{\text{წთ}}}{v_{\text{წმ}}} - ? \quad \left| \begin{array}{l} v_{\text{წთ}} = \frac{2\pi R_{\text{წთ}}}{T_{\text{წთ}}} ; v_{\text{წმ}} = \frac{2\pi R_{\text{წმ}}}{T_{\text{წმ}}} \\ T_{\text{წთ}} = 3600 \text{ წმ} \\ T_{\text{წმ}} = 60 \text{ წმ} \\ R_{\text{წთ}} = 3 R_{\text{წმ}} \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} \frac{v_{\text{წთ}}}{v_{\text{წმ}}} = 3 \frac{T_{\text{წმ}}}{T_{\text{წთ}}} = 3 \frac{60 \text{ წმ}}{3600 \text{ წმ}} \\ v_{\text{წმ}} = 20 v_{\text{წთ}} ; \frac{v_{\text{წთ}}}{v_{\text{წმ}}} = 20 \end{array} \right.$$

პასუხი:  $\frac{v_{\text{წთ}}}{v_{\text{წმ}}} = 20$

5.  $v - ?$ ;  $\nu - ?$

$R = 40 \text{ სმ} = 0.4 \text{ მ}$ $t = 1 \text{ წთ} = 60 \text{ წმ}$ $N = 120$	$v = \frac{N}{t} = \frac{120}{60 \text{ წმ}} = 2 \text{ ჰც}$ $\nu = 2\pi Rv = 2 \cdot 3,14 \cdot 0.4 \text{ მ} \approx 5 \text{ მ/წმ}$
--	--

პასუხი:  $0,2 \text{ ჰც}$ ;  $\approx 5 \text{ მ/წმ}$

6.  $v_2 / v_1 - ?$

$T_2 = T_1$ $R = 10 \text{ მ}$ $r = 5 \text{ მ}$	$v_1 = \frac{2\pi r}{T_1} ; \quad v_2 = \frac{2\pi R}{T_2}$ $\frac{v_2}{v_1} = \frac{R}{r} = \frac{10 \text{ მ}}{5 \text{ მ}} = 2$
--	--

პასუხი: 2

7.  $T - ?$ ;  $\nu - ?$ ;  $\omega - ?$

$v = 600 \text{ წთ}^{-1} = 10 \text{ ჰც}$ $d = 40 \text{ მ}$	$T_1 = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{10 \text{ ჰც}} = 0,1 \text{ წმ}$ $R = \frac{d}{2} = 0,2 \text{ მ}$ $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14}{0,1 \text{ წმ}} = 62,8 \text{ რად/წმ}$ $\nu = \omega R = 0,2 \text{ მ} \cdot 62,8 \text{ რად/წმ} = 12,56 \text{ მ/წმ}$
---	--

პასუხი:  $0,1 \text{ წმ}$ ;  $62,8 \text{ რად/წმ}$ ;  $12,56 \text{ მ/წმ}$

8.  $\nu - ?$ ;  $\omega - ?$

$T = 15 \text{ წთ} = 900 \text{ წმ}$ $R = 15 \text{ მ}$	$\nu = \frac{2\pi R}{T}$ $\nu = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 15 \text{ მ}}{900 \text{ წმ}} \approx 0,1 \text{ მ/წმ}$ $\omega = \frac{\nu}{R} = 0,007 \text{ რად/წმ}$
--	--

პასუხი:  $\approx 0,1 \text{ მ/წმ}$ ;  $0,007 \text{ რად/წმ}$

## 2.9. აჩქარება მრუდწირული მოძრაობისას

### გააზრება

1. ა)  $v = \frac{2\pi R}{T}$ , რადგან  $R > r$ ,  $v_1 > v_2$

ბ)  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , რადგან პერიოდები ტოლია,  $\omega_1 = \omega_2$

გ)  $a = \frac{2\pi R^2}{T^2}$ , რადგან პერიოდები ტოლია და  $R > r$ ,  $a_1 > a_2$

2.  $a = \frac{v^2}{R}$

რადგან სიჩქარე მოდულით მუდმივია და რადიუსი ფიქსირებული, ფორმულიდან გამომდინარე აჩქარებაც მოდულით მუდმივია, წრეწირის ყოველ წერტილში მიმართულია ცენტრისაკენ, ამიტომ მისი მიმართულება იცვლება წრეწირზე მოძრაობისას.

**შენიშვნა:** არანორიული ორბიტის გამო დედამიწის წირითი სიჩქარე მზის ირგვლივ მოძრაობისას 1 წმ-ში იცვლება  $\approx 6,7 \cdot 10^{-6}$  მ/წმ-ით, ამიტომ იგი დიდი სიზუსტით შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად.

### საშინაო დავალები

<p>1. <math>a</math> -?</p> <p><math>d = 80 \text{ სმ} = 0,8 \text{ მ}</math></p> <p><math>T = 0,4 \text{ წმ}</math></p>	$a = \frac{4\pi R^2}{T^2} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \text{ მ}}{(0,4 \text{ წმ})^2}$ $a = 98,56 \text{ მ/წმ}^2$
--	---

**პასუხი:** 98,56 მ/წმ<sup>2</sup>

<p>2. <math>a</math> -?</p> <p><math>R = 150 \text{ მლნ კმ} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ მ}</math></p> <p><math>T = 365 \text{ დღლმ} = 31536000 \text{ წმ}</math></p>	$a = \frac{4\pi R^2}{T^2} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (1,5 \cdot 10^8 \text{ მ})^2}{(31536000 \text{ წმ})^2}$ $a = 0,000006 \text{ მ/წმ}^2$
--	--

**პასუხი:** 0,000006 მ/წმ<sup>2</sup> =  $6 \cdot 10^{-6}$  მ/წმ<sup>2</sup>

$$3. \frac{a_2 / a_1 - ?}{\begin{array}{l} R_1 = 3 R_2 \\ T_1 = T_2 \end{array}} \left| \begin{array}{l} a_1 = \frac{4\pi R_1^2}{T_1^2}; a_2 = \frac{4\pi R_2^2}{T_2^2} \\ \frac{a_2}{a_1} = \frac{R_2}{3R_2} = \frac{1}{3} \end{array} \right.$$

პასუხი:  $\frac{1}{3}$

$$4. \frac{a - ?}{\begin{array}{l} R = 800 \text{ მ} \\ v = 20 \text{ მ/წმ} \end{array}} \left| \begin{array}{l} a = \frac{v^2}{R} = \frac{(20 \text{ მ/წმ})^2}{800 \text{ მ}} \\ a = 0,5 \text{ მ/წმ}^2 \end{array} \right.$$

პასუხი:  $0,5 \text{ მ/წმ}^2$

$$5. \frac{a_1 : a_2 : a_3 - ?}{\begin{array}{l} R_1 = 20 \text{ მ} \\ v_1 = 10 \text{ მ/წმ} \\ R_2 = 16 \text{ მ} \\ v_2 = 8 \text{ მ/წმ} \\ R_3 = 8 \text{ მ} \\ v_3 = 4 \text{ მ/წმ} \end{array}} \left| \begin{array}{l} a = \frac{v^2}{R} \\ a_1 = \frac{(10 \text{ მ/წმ})^2}{20 \text{ მ}} = 5 \text{ მ/წმ}^2 \\ a_2 = \frac{(8 \text{ მ/წმ})^2}{16 \text{ მ}} = 4 \text{ მ/წმ}^2 \\ a_3 = \frac{(4 \text{ მ/წმ})^2}{8 \text{ მ}} = 2 \text{ მ/წმ}^2 \\ a_1 : a_2 : a_3 = 5 : 4 : 2 \end{array} \right.$$

პასუხი:  $a_1 : a_2 : a_3 = 5 : 4 : 2$

## 2.10. არათანაბარი მოძრაობის ექსპერიმენტული კვლევა

### ექსპერიმენტი

1. ფიცრის ბოლოს სხვადასხვა სიმაღლეზე მოთავსებისას იცვლება დახრის კუთხე, შესაბამისად, კუთხის ცვლილება იწვევს არჩერების ცვლილებას, რადგან არჩერების გამომწვევი ძალა ფიცრის სხვადასხვა კუთხით დახრისას სხვადასხვაა.
2. საქანის გადაადგილება ნულის ტოლია და საშუალო სიჩქარე გადაადგილების მიხედვით ნულის ტოლია. საშუალო სიჩქარე გავლილი მანძილის მიხედვით გამოითვლება შესაბამისი ფორმულით:  $v_{\text{საშ}} = s / t$ .

## ექსპერიმენტი II

№	R	N	t	T	υ
1					
2					
3					

## ექსპერიმენტი III

№	R	N	t	T	a
1					
2					
3					

## საშინაო დავალება

წირითი სიჩქარე იქნება ერთნაირი  $v_1 = v_2$ , ხოლო დიდი ბორბლის კუთხური სიჩქარე  $\omega_1$  ნაკლებია მცირე ბორბლის  $\omega_2$  კუთხურ სიჩქარეზე.

**პასუხი:**  $v_1 = v_2$ ;  $\omega_1 < \omega_2$ .

## 2.11. შემაჯამებელი გაკვეთილი

- ა) I — 3 კმ/სთ; 3 კმ; თანაბარი მოძრაობა;  
II — 1,5 კმ/სთ; 1,5 კმ; თანაბარშენელებული მოძრაობა;  
III — 0 კმ/სთ; 0 კმ; უძრავია;  
IV — 3 კმ/სთ; 3 კმ; თანაბარაჩქარებული მოძრაობა;  
V — 6 კმ/სთ; 6 კმ; თანაბარი მოძრაობა;  
VI — 3 კმ/სთ; 3 კმ; თანაბარშენელებული მოძრაობა.

ბ)  $v_{საშ} = 16,5 : 6 = 2,75$  კმ/სთ

გ)

	ა	ბ	გ	დ	ე	ვ
I		X				
II	X					
III				X		
IV			X			
V						X
VI					X	

დ)  $x(t)$  გრაფიკი სრულად შეესაბამება ა-ში აღწერილ მოძრაობის ხასიათს თითოეულ უბანზე.

### თავი 3. ბუნების ძალები. არქიმედეს ძალა

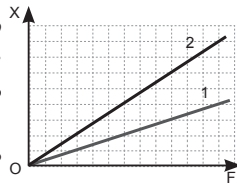
#### 3.1. ძალა

##### გააზრება

$$\begin{array}{l|l}
 1. \quad \sigma - ? & \sigma = E \frac{\Delta L}{L_0} \\
 \frac{\Delta L}{L_0} = 0,001 & \sigma = 2 \cdot 10^8 \text{ პა} = 200 \text{ მგპა} \\
 E = 2 \cdot 10^{11} \text{ პა} &
 \end{array}$$

**პასუხი:** 200 მგპა

2. სიხისტე გამოითვლება ფორმულით  $k=f/x$ . პირველ და მეორე გრაფიკებზე მოვნიშნოთ A და B წერტილები, რომელთა მიხედვით დეფორმაციისას სხეულში აღძრული დრეკადობის ძალა ერთნაირია. გრაფიკიდან ჩანს, რომ ამ დროს მეორე ზამბარა უფრო მეტად დეფორმირდა, ვიდრე პირველი. სიხისტის გამოსაანგარიშებელი ფორმულის მიხედვით, რაც მეტია დეფორმაციის სიდიდე, მით ნაკლებია სიხისტე. ანუ პირველი ზამბარის სიხისტე მეტია მეორე ზამბარის სიხისტეზე.



## საშინაო დავალება

1. $F - ?$	$F = F_1 + F_2 - F_3$ $F = 3 \text{ ნ} + 4 \text{ ნ} - 2 \text{ ნ} = 5 \text{ ნ}$
$F_1 = 3 \text{ ნ}$	მათ გაანონასწორებს სამხრეთით მიმართული 5 ნ ძალა
$F_2 = 4 \text{ ნ}$	
$F_3 = 2 \text{ ნ}$	

**პასუხი: 5 ნ**

2. $p - ?$	სითხეები ჭიქაში განლაგდება სიმკვრივის მიხედვით, ქვემოთ აღმოჩნდება ყველაზე მკვრივი ვერცხლისწყალი, მერე – წყალი და ბოლოს – ზეთი.
$\rho_1 = 13600 \text{ კგ/მ}^3$	$p_1 = \rho_1 g h_1$ $p_1 = 13600 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ} \cdot 0,03 \text{ მ}$ $p_1 = 4080 \text{ პა}$ $p_2 = \rho_2 g h_2$ $p_2 = 1000 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ} \cdot 0,02 \text{ მ}$ $p_2 = 200 \text{ პა}$ $p_3 = \rho_3 g h_3$ $p_3 = 900 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ} \cdot 0,01 \text{ მ}$ $p_3 = 90 \text{ პა}$ $p = p_1 + p_2 + p_3 = 4370 \text{ პა}$
$\rho_2 = 1000 \text{ კგ/მ}^3$	
$\rho_3 = 900 \text{ კგ/მ}^3$	
$h_1 = 3 \text{ სმ} = 0,03 \text{ მ}$	
$h_2 = 2 \text{ სმ} = 0,02 \text{ მ}$	
$h_3 = 1 \text{ სმ} = 0,01 \text{ მ}$	
$g = 10 \text{ ნ/კგ}$	

**პასუხი: 4,370 კპა**

3. $F_2 - ?$	$F = kx$
$F = 25 \text{ ნ}$	$k = \frac{F}{x} = \frac{25 \text{ ნ}}{0,02 \text{ მ}} = 1250 \text{ ნ/მ}$
$x = 2 \text{ სმ} = 0,02 \text{ მ}$	

**პასუხი: 1250 ნ/მ**

## 3.2. ამომგდები ძალის ექსპერიმენტული კვლევა

### I ექსპერიმენტი

ძალა, რომელიც ბურთს წყლიდან აგდებს, მიმართულია ვერტიკალურად ზევით და ამ ძალას ამომგდებ ძალას უწოდებენ.

## II ექსპერიმენტი

ამომგდები ძალა ჰაერსა და სითხეში სხეულის წონათა სხვაობის ტოლია. წყალში მოთავსებულ სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალა მეტია, ვიდრე ზეთში მოთავსებულ იმავე სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალა.

## III ექსპერიმენტი

ამომგდები ძალა მით მეტია, რაც უფრო მეტია სხეულის მოცულობა.

## IV ექსპერიმენტი

სხეულის მიერ გამოდევნილი წყლის წონა ამომგდები ძალის ტოლია.

## აზრობრივი ექსპერიმენტი

1. წყალსა და ზეთს აქვს განსხვავებული სიმკვრივე, ამიტომ წყალში მოთავსებულ ბურთულაზე მოქმედებს მეტი ამომგდები ძალა, ვიდრე ზეთში მოთავსებულზე.
2. ფოლადის ქანჭიკზე მოქმედებს მეტი ამომგდები ძალა, რადგან ტოლი მასების შემთხვევაში ფოლადის ქანჭიკს აქვს მეტი მოცულობა.

## 3.3. არქიმედეს კანონი

### გააზრება

1. თუ ზღვის ან ოკეანის ფსკერზე გემი ისე არის ჩაძირული, რომ გემის ძირსა და ფსკერს შორის არ არის წყალი, მისი ამოტანა ძნელია, რადგან მასზე არ მოქმედებს ამომგდები ძალა და მის ზემოთ არსებული წყლის სვეტის წონა აწვება გემს.
2. რადგან  $F_{\text{სითხე}} = \rho_{\text{სითხე}} g V_{\text{სხ}}$  და ბურთულები მოთავსებულია ერთსა და იმავე სითხეში, ამიტომ იმ ბურთულაზე იმოქმედებს მეტი ამომგდები ძალა რომლის მოცულობაც მეტია, შესაბამისად, ეს არის წითელი ბურთულა.
3. ამომგდები ძალა ტოლია ჰაერსა და წყალში სხეულის წონათა სხვაობის, რადგან ამომგდები ძალის მოქმედების გამო მცირდება მისი წონა წყალში, შესაბამისად:

$$F_{\text{ს}} = P_{\text{ჰა}} - P_{\text{წყ}} = 10 \text{ გ} - 8 \text{ გ} = 2 \text{ გ}$$



4.  $F_{\text{ა}} - ?$

	$F_{\text{ა}} = \rho_{\text{სითხე}} g V_{\text{სხ}}$
$\rho = 1000 \text{ კგ/მ}^3$	$V = a^3 = 0,000064 \text{ მ}^3$
$g = 10 \text{ ნ/კგ}$	$F_{\text{ა}} = 1000 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ} \cdot 0,000064 \text{ მ}^3$
$a = 4 \text{ სმ} = 0,04 \text{ მ}$	$F_{\text{ა}} = 0,64 \text{ ნ}$
	არქიმედეს ძალა მიმართულია ვერტიკალურად ზევით

**პასუხი: 0,64 ნ**

5. ბურთულის წყალში ჩაშვების შემდეგ წყლის დონე მოიმატებს და ჭურჭლის ფსკერზე წნევა გაიზრდება. ფსკერზე სითხის დანოლის ძალა გამოისახება ფორმულით:  $F = p \cdot S$ , საიდანაც გამომდინარეობს, რომ წნევის გაზრდა გამოიწვევს ფსკერზე დანოლის ძალის მომატებას. წონასწორობა დაირღვევა და მარჯვენა პინა დაინეცს ქვევით.

### საშინაო დავალება

1.  $F_{2\text{ა}} - ?$

	$F_{2\text{ა}} = F_{1\text{ა}} = 6 \text{ ნ}$
$\rho_1 / \rho_2 = 4/3$	ამომგდები ძალა დამოკიდებულია სითხეში მოთავსებული სხეულის მოცულობაზე და არა სიმკვრივეზე
$F_{1\text{ა}} = 6 \text{ ნ}$	
$V_1 = V_2$	
	$F_{\text{ა}} = \rho_{\text{სითხე}} g V_{\text{სხ}}$

**პასუხი: 6 ნ**

2.  $F_{\text{ა}} - ?$

	$F_{\text{ა}} = \rho_{\text{სითხე}} g V_{\text{სხ}}$
$\rho = 800 \text{ კგ/მ}^3$	$F_{\text{ა}} = 800 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ} \cdot 0,0004 \text{ მ}^3$
$g = 10 \text{ ნ/კგ}$	$F_{\text{ა}} = 3,2 \text{ ნ}$
$V = 400 \text{ სმ}^3 = 0,0004 \text{ მ}^3$	

**პასუხი: 3,2 ნ**

3.  $V - ?$

$\rho = 13600 \text{ კგ/მ}^3$ $g = 10 \text{ ნ/კგ}$ $F_{\Delta} = 136 \text{ ნ}$	$F_{\Delta} = \rho_{\text{სითხე}} g V_{\text{სხ}}$ $V = \frac{F_{\Delta}}{\rho g}$ $V = \frac{136 \text{ ნ}}{13600 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ}}$ $V = 0,001 \text{ მ}^3 = 1 \text{ ლ}$
--	--

პასუხი: 1 ლ

4.  $V_{\text{ჩად}} / V - ?$

$\rho_{\text{წყ}} = 1000 \text{ კგ/მ}^3$ $\rho_{\text{ალ}} = 2700 \text{ კგ/მ}^3$ $F_{\Delta} = 2,5 \text{ ნ}$ $m = 2,7 \text{ კგ}$ $g = 10 \text{ ნ/კგ}$	$F_{\Delta} = \rho_{\text{წყ}} g V_{\text{ჩად}}$ $V = \frac{m}{\rho_{\text{ალ}}}$ $V_{\text{ჩად}} = \frac{F_{\Delta}}{\rho_{\text{წყ}} g}$ $\frac{V_{\text{ჩად}}}{V} = \frac{F_{\Delta} \rho_{\text{ალ}}}{\rho_{\text{წყ}} g m} = \frac{2,5 \text{ ნ} \cdot 2700 \text{ კგ/მ}^3}{1000 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ} \cdot 2,7 \text{ კგ}} = \frac{1}{4}$
---	--

პასუხი:  $\frac{1}{4}$

5.  $m_{\text{წყ}} - ?; F_{\Delta} - ?$

$\rho_{\text{წყ}} = 1000 \text{ კგ/მ}^3$ $\rho_{\text{ფოლ}} = 7800 \text{ კგ/მ}^3$ $m_{\text{ფოლ}} = 2,7 \text{ კგ}$ $g = 10 \text{ ნ/კგ}$	$F_{\Delta} = \rho_{\text{წყ}} g V_{\text{ფოლ}} = \frac{\rho_{\text{წყ}} g m_{\text{ფოლ}}}{\rho_{\text{ფოლ}}}$ $V_{\text{ფოლ}} = \frac{m_{\text{ფოლ}}}{\rho_{\text{ფოლ}}}$ $F_{\Delta} = m_{\text{წყ}} g$ $m_{\text{წყ}} = \frac{F_{\Delta}}{g}$ $F_{\Delta} = \frac{1000 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ} \cdot 0,5 \text{ კგ}}{7800 \text{ კგ/მ}^3}$ $F_{\Delta} \approx 0,64 \text{ ნ}$ $m_{\text{წყ}} \approx \frac{0,64 \text{ ნ}}{10 \text{ ნ/კგ}} \approx 0,064 \text{ კგ}$
---	--

პასუხი:  $\approx 0,64 \text{ ნ}; \approx 0,064 \text{ კგ}$

6. სიღრუე -?

$$\rho_{\text{წყ}} = 1000 \text{ კგ/მ}^3$$

$$\rho_{\text{თ}} = 7000 \text{ კგ/მ}^3$$

$$P_3 = 4.9 \text{ ნ}$$

$$P_{\text{წყ}} = 3.9 \text{ ნ}$$

$$g = 10 \text{ ნ/კგ}$$

$$P_3 = 4,9 \text{ ნ}, \quad m_{\text{თ}} = 0,49 \text{ კგ}$$

$$P_{\text{წყ}} = 3,9 \text{ ნ}$$

$$P_3 - P_{\text{წყ}} = F_{\Delta}$$

გავიგოთ მასა სიღრუის გარეშე

$$V = \frac{F_{\Delta}}{\rho_{\text{წყ}} g} = \frac{1 \text{ ნ}}{1000 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ}}$$

$$V = 0,0001 \text{ მ}^3$$

$$m = 7000 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 0,0001 \text{ მ}^3 = 0,7 \text{ კგ}$$

აქვს სიღრუე, რადგან სხეულის მასა ნაკლებია მიღებულზე

**პასუხი:** აქვს სიღრუე

### 3.4. სხეულის ცურვის პირობების ექსპერიმენტული კვლევა

#### I ექსპერიმენტი

1. კორპის სიმკვრივეა  $240 \text{ კგ/მ}^3$ , რკინის –  $7800 \text{ კგ/მ}^3$ , წყლის –  $1000 \text{ კგ/მ}^3$ . ექსპერიმენტის შედეგებიდან ვასკვნით, რომ თუ სხეულის სიმკვრივე ნაკლებია სითხის სიმკვრივეზე, სხეული ტივტივებს სითხეში, ხოლო თუ მეტია – იძირება.
2. მარილიანი წყლის სიმკვრივე მეტია მტკნარი წყლის სიმკვრივეზე. ექსპერიმენტის შედეგიდან ვასკვნით, რომ სითხის სიმკვრივის მატებით, ამომგდები ძალა იზრდება.

#### II ექსპერიმენტი

I **ცდის შედეგი:** ჭურჭლის ვიბრაციის შედეგად პლასტმასის ბურთულა ბრინჯის ზედაპირზე ამოვიდა.

II **ცდის შედეგი:** ჭურჭლის ვიბრაციის შედეგად რკინის ბურთულა ჭურჭლის ფსკერისკენ ამოდრავდა და ბრინჯში „ჩაიძირა“.

ცდა ანალოგიურია სითხეში სხეულების ცურვის პირობების დამდგენი ცდებისა.



### 3.5. სხეულის ცურვის პირობები

#### გააზრება

- საცურაო ბუშტის მოცულობის ცვლილებით იცვლება თევზზე მოქმედი ამომგდები ძალა და ცვლის ჩაძირვის სიღრმეს.
- სასწორის ჩვენება არ შეიცვლება, რადგან ხის ძელაკის მიერ გამოდევნილი წყლის წონა ამ ძელაკის წონის ტოლია.
- სხეულის ცურვის პირობიდან გამომდინარე, სიმკვრივის ზრდადობის მიხედვით გვექნება შემდეგი განლაგება: 4, 3, 1, 2.

#### საშინაო დავალება

1.  $\rho_{\text{სხ}} - ?$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{წყ}} &= 1000 \text{ კგ/მ}^3 \\ P_3 &= 39 \text{ ნ} \\ P_{\text{წყ}} &= 34 \text{ ნ} \\ g &= 10 \text{ ნ/კგ} \end{aligned}$$

$$P_3 - P_{\text{წყ}} = F_{\text{ა}}$$

$$F_{\text{ა}} = 39 \text{ ნ} - 34 \text{ ნ} = 5 \text{ ნ}$$

$$F_{\text{ა}} = \rho_{\text{წყ}} g V_{\text{სხ}} ; V_{\text{სხ}} = \frac{m_{\text{სხ}}}{\rho_{\text{სხ}}}$$

$$\rho_{\text{სხ}} = \frac{\rho_{\text{წყ}} g m_{\text{სხ}}}{F_{\text{ა}}} ; m_{\text{სხ}} = \frac{P_3}{g}$$

$$\rho_{\text{სხ}} = \frac{\rho_{\text{წყ}} P_3}{F_{\text{ა}}}$$

$$\rho_{\text{სხ}} = \frac{1000 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 39 \text{ ნ}}{5 \text{ ნ}}$$

$$\rho_{\text{სხ}} = 7800 \text{ კგ/მ}^3, \text{ ფოლადი}$$

**პასუხი:** 7800 კგ/მ<sup>3</sup>, ფოლადი

2.  $\rho_{\text{სხ}} - ?$

$$\begin{aligned} V_{\text{ჩად}} &= 3/5 V_{\text{სხ}} \\ \rho_{\text{წყ}} &= 1000 \text{ კგ/მ}^3 \end{aligned}$$

$$F_{\text{ა}} = F_{\text{სიმ}}$$

$$\rho_{\text{წყ}} g V_{\text{ჩად}} = \rho_{\text{სხ}} g V_{\text{სხ}}$$

$$\rho_{\text{სხ}} = \frac{\rho_{\text{წყ}} V_{\text{ჩად}}}{V_{\text{სხ}}}$$

$$\rho_{\text{სხ}} = 1000 \text{ კგ/მ}^3 \cdot \frac{3}{5} = 600 \text{ კგ/მ}^3$$

**პასუხი:** 600 კგ/მ<sup>3</sup>

3. ცურვის პირობა?

$$\rho_{\text{სვ}} = 8900 \text{ კგ/მ}^3$$

$$\rho_{\text{წყ}} = 1000 \text{ კგ/მ}^3$$

$$m = 445 \text{ გ} = 0,445 \text{ კგ}$$

$$g = 10 \text{ ნ/კგ}$$

$$V_{\text{სილ}} = 450 \text{ მ}^3 = 4.5 \cdot 10^{-4} \text{ მ}^3$$

$$F_{\Delta} = \rho_{\text{წყ}} g \left( V_{\text{სილ}} + \frac{m}{\rho_{\text{სვ}}} \right)$$

$$F_{\Delta} = 1000 \text{ კგ/მ}^3 \cdot 10 \text{ ნ/კგ} \cdot \left( 4.5 \cdot 10^{-4} \text{ მ}^3 + \frac{0,445 \text{ კგ}}{8900 \text{ კგ/მ}^3} \right)$$

$$F_{\Delta} = 5 \text{ ნ}$$

$$F_{\text{სიმ}} = mg$$

$$F_{\text{სიმ}} = 0,445 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ ნ/კგ}$$

$$F_{\text{სიმ}} = 4,45 \text{ ნ}$$

$$F_{\text{სიმ}} < F_{\Delta} - \text{ტივტივებს}$$

პასუხი: ტივტივებს

აზრობრივი ექსპერიმენტი

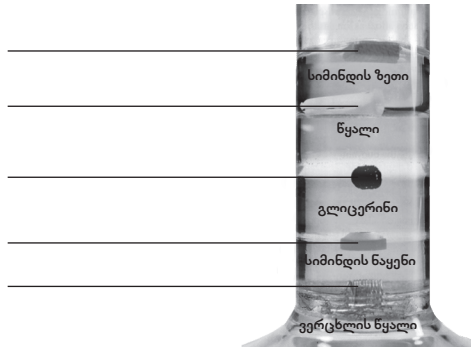
ხე

პლასტმასი

კუპრი

რეზინი

სპილენძი



3.6. ბემების ცურვა და ჰაერნაოსნობა

გააზრება

კონტეინერში წყლის შეშვება-გამოშვებით იცვლება წყალქვეშა ნავის საშუალო სიმკვრივე და ცურვის პირობებიდან გამომდინარე, ამომგდები ძალის მოქმედებით (არქიმედეს კანონი) ნავი იცვლის ჩაძირვის სიღრმეს.

## საშინაო დავალება

1. ლურსმნების ზღვრული რაოდენობის წონა ნავის ჩაძირვამდე განსაზღვრავს მის ტვირთამწეობის, ხოლო ამ ლურსმნებისა და ნავის წონის ჯამი ნავის წყალწყვას.
2. ბოთლზე ხელის მოჭერით იზრდება წნევა, შედეგად პიპეტის რეზინის ნაწილი იკუმშება და იქ მყოფი ჰაერის სიმკვრივე იზრდება, პიპეტის საშუალო სიმკვრივეც იზრდება, რაც ცვლის პიპეტის ჩაძირვის სიღრმეს.

## დამატებითი მასალა

### ავგუსტ პიკარდი

მსოფლიო ოკეანის ღრმა წერტილის, მარიანას ღრმულის დაპყრობის ისტორია უკავშირდება შვეიცარიელი მეცნიერის ავგუსტ პიკარდის, ფიზიკოსისა და გამომგონებლის სახელს.

მან მსოფლიოში პირველმა შექმნა სტრატოსფერული ბუშტი, რომლითაც გასული საუკუნის 30-იან წლებში, 47 წლის ასაკში, 27 გაფრენა შეასრულა და იფრინა 23 კმ.

სტრატოსფერული ბუშტით ექსპერიმენტების ჩატარების შემდეგ ის მივიდა დასკვნამდე, რომ იმავე პრინციპებზე დაყრდნობით (არქიმედეს კანონი) შეეძლო შეექმნა აპარატი, რომელიც წყლის სიღრმეში ჩაყვინთვის საშუალებას მისცემდა.

მიუხედავად 1945 წლის მსოფლიო ომისა, 1945 წელს ავგუსტ პიკარდმა დაასრულა ღრმა ზღვაში ჩასაყვინთი აპარატის, სახელწოდებით „ბატისკაფის“ გაკეთება. 1952 წელს მან ბატისკაფით „ტრიესტი“ ჩაყვინთა ხმელთაშუა ზღვაში 3100 მეტრის სიღრმეზე. შემდეგ, გაუმჯობესებული „ტრიესტი“ გადაწყვიტა მსოფლიო ოკეანის ყველაზე ღრმა წერტილის, მარიანას ღრმულში ჩასვლა, რომლის სიღრმე 11კმ-ია. მან ეს გეგმა ვერ შეასრულა, მაგრამ მარიანას ღრმულში მამის მიერ შექმნილი ბატისკაფით ჩავიდა მისი ვაჟი, ჟაკ პიკარდი.

1960 წლის 23 იანვარს ჟაკ პიკარდი და მისი მეგობარი უოლში წყალში ჩაეშენენ. მაქსიმალურ სიღრმეს მიაღწიეს 5 სთ-ში. აღმოაჩინეს, რომ ამ სიღრმეშიც კი არსებობს სიცოცხლე. მათ თევზი „მიესალმა“. ზევით ამოსვლას მოუწოდნენ 3 სთ.

### შაკ-ივ კუსტო

შეიძლება ითქვას, რომ ეს გამონაკლისი შემთხვევაა, როდესაც ადამიანმა ჯერ გამოიგონა „რაღაც“ და შემდეგ გახდა იმ საქმის სპეციალისტი, რაშიც ეს „რაღაც“ გამოადგებოდა.

კუსტომ მეგობრის, პროფესიით ინჟინერი ემილ განიანის დახმარებით

შექმნა აკვალანგი, „წყალქვეშა ფილტვი“, რადგან იმ დროისთვის არსებული მყვინთავის კოსტიუმში უხეში, არაპრაქტიკული იყო. იგი შემდგომში გახდა მთელი მსოფლიოსთვის ცნობილი აკვალანგი, რომელიც მომავალში უფრო დაიხვეწა. კუსტო მაშინ არ იყო დაინტერესებული წყალქვეშა სამყაროთი, მაგრამ აკვალანგის გამოგონების შემდეგ მას გაუჩნდა სურვილი შეესწავლა წყალქვეშა სამყარო და გადაეღო ფილმები წყალქვეშა სამყაროს შესახებ.

მისი მთავარი მიზანი გახდა ჰყოლოდა საკუთარი გემი, რომელიც იქნებოდა ნამდვილი მცურავი სამეცნიეროლაბორატორია. ამაში მას დაეხმარა ინგლისელი მეგობარი, რომელმაც კუსტოს 1942 წელს ამერიკაში, ინგლისის ფლოტისთვის აგებული და უკვე ჩამოწერილი მომცრო (140 ფუტის - 45 მეტრამდე და 360 ტონა წყალწყვის) გემი უყიდა, გადააიარაღა კიდეც და ტულონის ნავსადგურში დაუყენა. სწორედ მაშინ შეიცვალა გემის სახელი და წარწერა, რომელიც დღეს მსოფლიოს თითქმის ყველა ტელემყურებლისთვის ნაცნობია: „კალიფსო, ტულონი“ – გემის სახელი კუსტომ ჰომეროსის „ოდისეის“ ნიმფისგან ისესხა.

კუსტომ შეკრიბა მეცნიერებისა და მეზღვაურების გუნდი, მათ შორის ჰიდროლოგები, კლოდ ფრანსის ბეფის ხელმძღვანელობით; ბიოლოგი პიერ დრაშა, ინჟინერ-ოპტიკოსები და სხვა ბევრი თავისი საქმის სპეციალისტი. თუმცა მათ – მეცნიერებსაც და მეზღვაურებსაც – ერთი რამ აერთიანებდათ: ისინი მორიგეობით, უბრალო მეზღვაურებივით ხეხავდნენ გემბანს და ღამით მესაჭის ბოგურაზე მორიგეობაც მათი მოვალეობა იყო; კიდეც ერთი, რაც ყველას აერთიანებდა, ეს გახლდათ გემბანზე დამონტაჟებული, უჟანგავი ლითონისაგან დამზადებული, ღვინით სავსე 1000-ლიტრიანი ცისტერნა, საიდანაც ნებისმიერს, ნებისმიერ დროს, ნებისმიერი რაოდენობით შეეძლო ღვინის მირთმევა! ეს კუსტოს გემზე, როგორც თავადვე ამბობდა, დემოკრატიის მთავარი გამოვლინება გახლდათ, თუმცა არასოდეს მომხდარა ისეთი რამ, რომ ამ „დემოკრატიით“ ვინმეს ბოროტად ესარგებლოს. კუსტო თავის მთავარ საქმიანობასაც მუდმივად განაგრძობდა. მან შექმნა ორკაციანი ბატისკაფი, რომელიც წყალქვეშ რამდენიმე ასეულ მეტრზე ჩადიოდა. ყველაფერი „პრეკონტინენტის“ გამოგონებით დაგვირგვინდა – 5 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი, გადაადგილებადი წყალქვეშა სადგურით, რომელიც იყო იმ ტექნიკის კომპლექტის ბოლო ნაწილი, რომლითაც ფანტასტიკური ფილმის გადაღება შეიძლებოდა და ასეც მოხდა – მთელ მსოფლიოში ფურორი მოახდინა კუსტოს პირველმა ფერადმა წყალქვეშა ფილმმა, რომელიც წითელ ზღვაში, 150 ფუტის სიღრმეზე გადაიღო. მაყურებელი შოკში ჩააგდო არა მხოლოდ წყალქვეშა სამყაროს სილამაზემ და მრავალფეროვნებამ, არამედ კუსტოს ახალმა ტექნიკამაც – ყველამ დაინახა, რომ ამ კაცის მიერ შექმნილი „წყლის ფილტვებით“ ნებისმიერს შეეძლო ენით აუწერელ სილამაზესთან ზიარება. ამის გამო ყველა თანამედროვე დაივერი კუსტოს მაღლიერი უნდა იყოს.

### 3.7. მშრალი ხახუნი

#### გააზრება

1. დინამომეტრის ჩვენების მიხედვით, ხის ძელაკის ხახუნის ძალა ყველაზე მეტია რეზინზე, ყველზე ნაკლები ლითონზე.
2. დაზეთვა წარმოქმნის სველ ხახუნს და სხეულები უფრო ადვილად სრილებენ ერთმანეთზე;
3. ა)  $OA$  უბანზე მოქმედებს უძრაობის ხახუნის ძალა, ბც უბანზე – სრიალის ხახუნის ძალა.  $AB$  უბანზე წვევის ძალა არ იცვლება და უძრაობის ხახუნის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა უტოლდება სრიალის ხახუნის ძალას.  
 ბ) უძრაობის ხახუნის ძალა წვევის ძალის გაზრდით იზრდება მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე, სრიალის ხახუნის ძალა მცირედით ნაკლებია უძრაობის ხახუნის მაქსიმალურ ძალაზე, მაგრამ გასრიალების შემდეგ სრიალის ხახუნის ძალა არ იცვლება. მცირე სიჩქარის დროს არ არის დამოკიდებული შემხები სხეულების ფარდობით სიჩქარეზე;
- გ.  $OA$  გრაფიკის მიხედვით სხეული არ მოძრაობს, რადგან წვევის ძალა არ არის საკმარისი წინააღმდეგობის ძალის დასაძლევად მანამ, სანამ არ მიაღწევს მაქსიმალური ხახუნის ძალას. სხეული არ მოძრაობს, რადგან წვევისა და ხახუნის ძალები ტოლია და მათი ტოლქმედი არის  $O$ . სხეულის ამოძრავებისას ხახუნის ძალა ოდნავ იკლებს, რადგან ზედაპირები მაქსიმალურადაა დეფორმირებული და ერთი სხეული მეორეზე ადვილად გასრიალდება.

#### საშინაო დავალება

$1. F_{\text{ხახ}} ?$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> $F_{\text{ხახ1}} = 25 \text{ ნ}$ $m_1 = 5 \text{ კგ}$ $m_2 = m_1/2$ $\mu = \mu_1 = \mu_2$	$F_{\text{ხახ1}} = \mu m_1 g$ $F_{\text{ხახ2}} = \mu m_2 g$ $\frac{F_{\text{ხახ1}}}{F_{\text{ხახ2}}} = \frac{m_1}{m_2} = 2$ $F_{\text{ხახ2}} = 20 \text{ ნ} : 2 = 10 \text{ ნ}$
--	--

**პასუხი: 10 ნ**

$2. F_{\text{ხახ}} ?$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> $m = 10 \text{ კგ}$ $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ $\mu = 0,25$	$F_{\text{ხახ}} = \mu mg$ $F_{\text{ხახ2}} = 0,25 \cdot 10 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2 = 25 \text{ ნ}$
---	---

**პასუხი: 25 ნ**



### 3.8. სველი ხახუნი

#### გააზრება

1. „მშრალი“ ხახუნის შემთხვევაში არსებობს უძრაობის ხახუნის ძალა, ხოლო „სველი“ ხახუნის შემთხვევაში სხეული ნებისმიერი მცირე ძალის მოქმედებით იწყებს მოძრაობას. გარდა ამისა, „სველი“ ხახუნის ძალა დამოკიდებულია სხეულის მოძრაობის სიჩქარეზე.
2. რაკეტა მოძრაობს ატმოსფეროში და აქვს გარსმდენი ფორმა ჰაერის წინააღმდეგობის შესამცირებლად. კოსმოსური ხომალდი კი მოძრაობს უჰაერო სივრცეში. ამიტომ მას გარსმდენი ფორმა არ ესაჭიროება.
3. მყვინთაზე მოქმედებს სიმძიმის, ამომგდები და წყლის წინააღმდეგობის ძალა. წინააღმდეგობის ძალის შესამცირებლად მყვინთავი იღებს გარსმდენ ფორმას.
4. პარაშუტის ასეთი ფორმა ზრდის ჰაერის წინააღმდეგობის ძალას და პარაშუტისტის სიჩქარე პარაშუტის გახსნის შემდეგ მკვეთრად მცირდება.

#### საშინაო დავალება

$F_{\text{წვე}} - ?$	$F_{\text{წვე}} = F_{\text{ხახ}} = \mu mg$
$m = 100 \text{ კგ}$	$F_{\text{წვე}} = 0,05 \cdot 100 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2$
$g = 10 \text{ მ/წმ}^2$	$F_{\text{წვე}} = 50 \text{ ნ}$
$\mu = 0,05$	

**პასუხი: 50 ნ**

#### დამატებითი მასალა

#### სველი ხახუნი

ხახუნს, რომელიც წარმოიქმნება მყარი სხეულების შეხებისას ერთმანეთის მიმართ მოძრაობის შედეგად „მშრალ“ ხახუნს უწოდებენ. სითხეებსა და აირებში სხეულების მოძრაობასას აღიძვრება ხახუნის ძალა სხეულსა და სითხის ან აირის ფენებს შორის. სითხის და აირის მოძრაობისას თვით

მათ ფენებს შორისაც აღიძვრება ხახუნის ძალა. ამ შემთხვევაში „მშრალი“ ხახუნი იცვლება ტერმინით „სველი“ ხახუნი. სველი ხახუნი განსხვავდება მშრალი ხახუნისგან კანონზომიერებით. უპირველესი განსხვავებაა ის, რომ სითხეებსა და აირებში უძრაობის ხახუნი არ არსებობს. მათში ხახუნის ძალა დამოკიდებულია მოძრავი სხეულის სიჩქარეზე, სხეულის ფორმაზე, ზომებსა და აირისა და სითხის ფიზიკურ თვისებებზე. სველი ხახუნისას წინააღმდეგობის ძალის გამოსათვლელად ყველა შემთხვევისთვის ერთიანი კანონი არ არსებობს. არსებობს ორი განსხვავებული კანონი: ერთი მცირე სიჩქარეებისთვის, მეორე დიდი სიჩქარეებისთვის. სხვადასხვა სიჩქარისას სხეულების მიმართ სითხისა და აირის გარსშემოდინებები განსხვავებულია. მცირე სიჩქარეებისთვის ხახუნის ძალა პროპორციულია სიჩქარის, დიდისთვის – სიჩქარის კვადრატის. დიდი მნიშვნელობა აქვს თვით ამ გარემოს ფიზიკურ თვისებებს და ტემპერატურას. სითხეები და აირები განსხვავდებიან სიბლანტით და ამავე დროს, სიბლანტე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ამიტომ ხშირად ამ ხახუნს ბლანტ ხახუნსაც უწოდებენ. მაგალითად, ჰაერის სიბლანტე 60-ჯერ ნაკლებია წყლის სიბლანტეზე. სიბლანტე განაპირობებს მათ დენადობას. დენადობა დამახასიათებელია ამორფული სხეულებისთვისაც, რაც განაპირობებს განსხვავებას ამორფულ და კრისტალურ მყარ სხეულებს შორის. სფერული ფორმის სხეულებისთვის წინააღმდეგობის ფორმულას მცირე სიჩქარეებისთვის სტოკსის ფორმულას უწოდებენ:

$F = 6 \pi \eta r v$ , სადაც  $\eta$  სიბლანტის კოეფიციენტი,  $r$  სხეულის რადიუსი,  $v$  სხეულის სიჩქარე.

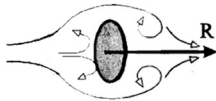
დიდი სიჩქარისთვის, როცა ჰაერში  $v < 50$  მ/წმ-ზე  $F_{\text{სწი}} = \alpha v$ ; როცა  $v > 50$  მ/წმ –  $F_{\text{სწი}} = \beta v^2$ . აქედან გამომდინარე, ძრავის სიმძლავრე  $N = Fv = \beta v^3$ . სიჩქარის 2-ჯერ გაზრდისას რაიმე ძრავის სიმძლავრე 4-ჯერ ან რვაჯერ უნდა გაზარდოს, რაც პრობლემებს ქმნის დიდი სიჩქარეების მისაღწევად ნივთიერ გარემოში.

## შეიძლება მოსწავლეებს მისცეთ შემდეგი დავალება:

მოიძიე ინტერნეტით ინფორმაცია არანიუტონური სითხეების შესახებ, რით განსხვავდებიან ისინი ე.წ. ნიუტონის სითხეებისგან და მოამზადე სადემონსტრაციო ცდა.

ან გაეცნონ ინფორმაციას საჰაერო ბუშტების შესახებ. რატომ ავსებენ საჰაერო ბუშტებს ჰელიუმით და არა წყალბადით, რომელიც ჰელიუმზე უფრო მსუბუქია?

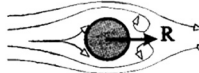
## სხეულებზე გარს შემოდენა



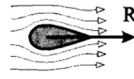
ბრტყელი ფირფიტა



კონუსი



სფერო



წვეთი



ფრთის სიმეტრიული გარს შემოდენა



ფრთის არასიმეტრიული გარს შემოდენა

## თავი 4. სხეულთა ურთიერთქმედება. ნიუტონის კანონები

### 4.1. ინერციის მოვლენის ექსპერიმენტული კვლევა

#### I ექსპერიმენტი

ურიკა უმცირეს მანძილს გაივლის „ა“ შემთხვევაში, უდიდეს მანძილს „გ“-ში, რადგან ქვიშაზე მოძრაობისას ურიკაზე მოქმედი ხახუნის ძალა მეტია, ვიდრე გლუვ ზედაპირზე მოძრაობისას.

#### II ექსპერიმენტი

ურიკაზე იმოქმედა ძაფის დაჭიმულობის ძალამ და ის გაჩერდა, ხოლო ძელაკმა გააგრძელა მოძრაობა ინერციით და გადმოვარდა ურიკიდან.

#### III ექსპერიმენტი

ურიკის სწრაფად გაჩერებისას ძელაკი ინერციით აგრძელებს მოძრაობას და გადმოვარდება ურიკიდან მოძრაობის მიმართულებით. გაჩერებული ურიკის ბიძგის შემთხვევაში ძელაკი გადმოვარდება ურიკიდან მოძრაობის საპირისპიროდ, რადგან ვერ შეიცვლის სიჩქარეს მეყსეულად, სიჩქარის ცვლილებისთვის დრო სჭირდება..

**შენიშვნა:** მასწავლებელს შეუძლია თითოეული ექსპერიმენტისთვის შეადგინოს საკვანძო შეკითხვები და კითხვებზე პასუხის გაცემით მიიყვანოს მოსწავლე შესაბამის დასკვნამდე.

## 4.2. ნიუტონის პირველი კანონი

### გააზრება

სატვირთო და მსუბუქ ავტომანქანებს აქვთ განსხვავებული მასა ( $m_1 > m_2$ ) და ერთნაირი სიჩქარე. ინერციით მეტ მანძილს გაივლის სატვირთო, ვიდრე მსუბუქი ავტომანქანა, რადგან სატვირთოს სიჩქარის შესაცვლელად მეტი დრო სჭირდება.

### აზრობრივი ექსპერიმენტი

ა. იატაკზე მოთავსებულ ბურთულაზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა და საყრდენის რეაქციის ძალა, მათი ტოლქმედი ნულის ტოლია. დაფზე ჩამოკიდებულ ბურთულაზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა და ძაფის დაჭიმულობის ძალა, მათი ტოლქმედი ასევე ნულის ტოლია.

ბ. ურიკა დამუხრუჭდა, რადგან მასზე ხახუნის ძალამ იმოქმედა. ბურთულებმა გააგრძელეს მოძრაობა იმ მიმართულებით, რა მიმართულებითაც მოძრაობდა ურიკა.

გ. ბურთულებმა ინერციით გააგრძელეს მოძრაობა ურიკის დამუხრუჭების შემდეგ. ბურთულები ამოდრავდნენ ურიკას მიმართ აჩქარებულად.

დ. ურიკის დამუხრუჭებისას ბურთულებზე მოქმედი ძალები არ შეცვლილა, უშუალოდ ბურთულებზე მათი მდებარეობის შესაცვლელად ძალას არ უმოქმედი.

ე. ურიკის თანაბარი მოძრაობისას ბურთულები წონასწორობაშია და მოძრაობენ წრფივად და თანაბრად. ურიკის დამუხრუჭებისას ბურთულები ინერციით აგრძელებენ მოძრაობას და ურიკის მიმართ აჩქარებულად მოძრაობენ.

ვ. დამუხრუჭებისას ურიკა მოძრაობს აჩქარებულად.

ზ. ურიკის დამუხრუჭებისას ინერციის კანონი არ არის სამართლიანი, ხოლო ურიკის თანაბარი მოძრაობისას სამართლიანია.

**დასკვნა:** თანაბრად მოძრავ ურიკასთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა ინერციული ათვლის სისტემაა, ხოლო დამუხრუჭებისას აჩქარებულად მოძრავ ურიკასთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა არაინერციული ათვლის სისტემაა. არაინერციული სისტემის მიმართ, ნიუტონის პირველი კანონის თანახმად, ინერციის კანონი არ არის სამართლიანი.

### საშინაო დავალება

#### 1 ექსპერიმენტული დავალება

ფურცლის ნელა განევისას მონეტა ფურცელზე დარჩება. ფურცელი სწრაფი ბიძგისას წავა წინ, ხოლო მონეტა ინერციის გამო ფურცელთან ერთად არ იმოძრაავებს და ჩავარდება ქიქაში.

## II ექსპერიმენტული დავალება

ნელა განევის შემთხვევაში ფურცელთან ერთად ბოთლიც ამოძრავდება, სწრაფად განევის შემთხვევაში - დარჩება ადგილზე ინერციით.

### 4.3. სხეულის ინერტულობის ექსპერიმენტული კვლევა

#### I ექსპერიმენტი

ა. სურათზე გამოსახულ ურიკებს ერთნაირი მასა აქვთ, ამიტომ ერთნაირად შეიცვლიან სიჩქარეს და ტოლ მანძილზე გადაადგილდებიან. ბ. სურათზე გამოსახულ ურიკებზე განსხვავებული მასის ტვირთია, რომლის მასაც მეტი იყო, ის ნაკლებ მანძილზე გადაადგილდა.

**დასკვნა:** სხეული, რომელიც მეტად ინერტულია, მისი სიჩქარის შეცვლა ძნელია.

#### II ექსპერიმენტი

ქვედა ძაფის ნელა მოქაჩვისას ბურთულა ასწრებს ამოძრავებას და ამის გამო ზედა ძაფი მეტად იჭიმება და წყდება. ქვედა ძაფის სწრაფად მოქაჩვისას ბურთულა ვერ ასწრებს ამოძრავებას და ამის გამო ქვედა ძაფი მეტად იჭიმება და წყდება.

**დასკვნა:** სხეულებს აქვთ თვისება შეინარჩუნოს თავისი სიჩქარე.

#### აზრობრივი ექსპერიმენტი

სახაზავზე ხელით ნელა მოქმედებისას სახაზავი ასწრებს მთლიანად წანაცვლებას და მისი ბოლოები ქაჩავს ქალაღის რგოლებს. თუ რომელიმე რგოლი ვერ გაუძლებს, ის განყდება. სახაზავზე სწრაფი დარტყმისას წანაცვლებას ასწრებს მხოლოდ შუა ნაწილი და ადვილად ტყდება.

### 4.4. სხეულების ინერტულობა. მასა

#### გააზრება

მეტად ინერტულია ლურჯი ბურთი, რადგან მას მეტი მასა აქვს.

#### საშინაო დავალება

$$m_2 / m_1 = 7$$

$$m_2 / m_1 = a_1 / a_2$$

ბურთულების ურთიერთქმედებისას მსუბუქი ბურთულა შეიძენს 7-ჯერ მეტ აჩქარებას.

## 4.5. ნიუტონის მეორე კანონი

### გააზრება

1.

უბანი	თანაბარი $a = 0$	არათანაბარი $a \neq \text{const}$	თანაბარჩქარებული $a_x > 0$	თანაბარჩქარებული $a_x < 0$
I		X		
II			X	
III		X		
IV	X			
V		X		
VI				X

2. აჩქარების მიმართულება ყოველთვის ემთხვევა ძალის/ძალების ტოლქმედის მიმართულებას. პასუხია – ძალა 2.

### საშინაო დავალება

1.  $F - ?$

$$\begin{array}{l|l} \hline & F = ma \\ m = 50 \text{ კგ} & F = 50 \text{ კგ} \cdot 0,5 \text{ მ/წმ}^2 \\ a = 0,5 \text{ მ/წმ}^2 & F = 25 \text{ ნ} \end{array}$$

პასუხი: 25 ნ

2.  $a - ?$

$$\begin{array}{l|l} \hline & a = \frac{F}{m} \\ m = 0,3 \text{ კგ} & a = \frac{6 \text{ ნ}}{0,3 \text{ კგ}} = 20 \text{ მ/წმ}^2 \\ F = 6 \text{ ნ} & \end{array}$$

პასუხი: 20 მ/წმ<sup>2</sup>

3.  $F - ?$

$$\begin{array}{l|l} \hline & F = ma \\ m = 80 \text{ კგ} = 0,08 \text{ კგ} & a = \frac{v - v_0}{t} \\ v_0 = 3 \text{ მ/წმ} & a = \frac{(5 \text{ მ/წმ} - 3 \text{ მ/წმ})}{4 \text{ წმ}} = 0,5 \text{ მ/წმ}^2 \\ v = 5 \text{ მ/წმ} & \\ t = 4 \text{ წმ} & \\ & F = 0,08 \text{ კგ} \cdot 0,5 \text{ მ/წმ}^2 = 0,04 \text{ ნ} \end{array}$$

პასუხი: 0,04 ნ

4.  $F_2 - ?$

$$F_1 = 30 \text{ ნ}$$

$$a_1 = 0,6 \text{ მ/წმ}^2$$

$$a_2 = 1,8 \text{ მ/წმ}^2$$

$$m_1 = m_2$$

$$F_1 = m_1 a_1$$

$$F_2 = m_2 a_2$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_1}{a_2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_1}{a_2}$$

$$F_2 = \frac{a_2 F_1}{a_1}$$

$$F_2 = \frac{30 \text{ ნ} \cdot 1,8 \text{ მ/წმ}^2}{0,6 \text{ მ/წმ}^2}$$

$$F_2 = 90 \text{ ნ}$$

პასუხი: 90 ნ

5.  $a_2 - ?$

$$m_1 = 5 \text{ კგ}$$

$$m_2 = 10 \text{ კგ}$$

$$a_1 = 2 \text{ მ/წმ}^2$$

$$F_1 = F_2$$

$$F_1 = m_1 a_1$$

$$F_2 = m_2 a_2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{a_1}{a_2}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{a_1}{a_2}$$

$$a_2 = \frac{m_1 a_1}{m_2}$$

$$a_2 = \frac{5 \text{ კგ} \cdot 2 \text{ მ/წმ}^2}{10 \text{ კგ}}$$

$$a_2 = 1 \text{ მ/წმ}^2$$

პასუხი: 1 მ/წმ<sup>2</sup>

6.  $F - ?$

$$m = 100 \text{ გ} = 0,1 \text{ კგ}$$

$$v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$$

$$v = 90 \text{ კმ/სთ} = 25 \text{ მ/წმ}$$

$$t = 0,05 \text{ წმ}$$

$$F = ma$$

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a = \frac{25 \text{ მ/წმ}}{0,05 \text{ წმ}} = 500 \text{ მ/წმ}^2$$

$$F = 0,1 \text{ კგ} \cdot 500 \text{ მ/წმ}^2 = 50 \text{ ნ}$$

პასუხი: 50 ნ

7.  $m_2$  -?

$$a_1 = 0,5 \text{ მ/წმ}^2$$

$$a_2 = 0,1 \text{ მ/წმ}^2$$

$$F_1 = F_2 = 15 \text{ კნ} = 15 \cdot 10^3 \text{ ნ}$$

$$F_1 = m_1 a_1$$

$$m_1 = \frac{F_1}{a_1} = \frac{15 \cdot 10^3 \text{ ნ}}{0,5 \text{ მ/წმ}^2} = 30 \text{ ტ}$$

$$F_2 = (m_1 + m_2) \cdot a_2$$

$$m_2 = \frac{F_2 - m_1 a_2}{a_2} = \frac{15 \cdot 10^3 \text{ ნ} - 3 \cdot 10^3 \text{ ნ}}{0,1 \text{ მ/წმ}^2} = 120 \text{ ტ}$$

მეორე ხერხი

$$m_1 a_1 = (m_1 + m_2) \cdot a_2$$

$$m_2 = m_1 \left( \frac{a_1}{a_2} - 1 \right)$$

$$m_2 = \frac{F_1}{a_1} \left( \frac{a_1}{a_2} - 1 \right)$$

$$m_2 = \frac{15 \cdot 10^3 \text{ ნ}}{0,5 \text{ მ/წმ}^2} \cdot \left( \frac{15 \cdot 10^3 \text{ ნ}}{0,1 \text{ მ/წმ}^2} - 1 \right) = 120 \text{ ტ}$$

$$m_2 = 120 \text{ ტ}$$

**პასუხი:** 120 ტ

8.  $F_1, F_2, F_3, F_4, s$  -?

$$m = 2 \text{ კგ}$$

$$v_1 = 5 \text{ მ/წმ}$$

$$v_2 = 10 \text{ მ/წმ}$$

$$v_3 = 0 \text{ მ/წმ}$$

$F_1 = F_3 = 0$  რადგან მოძრაობა თანაბარია

$$F_2 = m a_2 = (2 \text{ კგ} \cdot 5 \text{ მ/წმ}) / 5 \text{ წმ}$$

$$F_2 = 2 \text{ ნ}$$

$$F_4 = (2 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}) / 5 \text{ წმ}$$

$$F_4 = 4 \text{ ნ}$$

ყველაზე მეტ მანძილს გაივლის მესამე უბანზე, რადგან ამ უბნისთვის გრაფიკის შესაბამისი ფართობი ყველაზე დიდია.

**პასუხი:** 0 ნ; 2 ნ; 0 ნ; 4 ნ; ყველაზე მეტ მანძილს გაივლის მესამე უბანზე.

#### 4.6. სხეულთა ურთიერთქმედების ექსპერიმენტული კვლევა

##### 1 ექსპერიმენტი

დინამომეტრები მოდულით ერთნაირ ძალას აჩვენებს, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ თითოეული ადამიანი მეორეზე ერთნაირი სიდიდის ძალით მოქმედებს. ისრების ურთიერთსაწინააღმდეგო გადახრა მიუთითებს იმაზე, რომ ეს ძალები საპირისპიროდაა მიმართული.



**დასკვნა:** რა ძალითაც ერთი სხეული მოქმედებს მეორეზე, იმავე ძალით მეორე მოქმედებს პირველზე.

## II ექსპერიმენტი

დინამომეტრები მოდულით ერთნაირ ძალას აჩვენებს, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ადამიანი და კედელი ერთმანეთზე ერთნაირი სიდიდის ძალით მოქმედებს. ისრების ურთიერთსაწინააღმდეგო გადახრა მიუთითებს იმაზე, რომ ეს ძალები საპირისპიროა და მიმართული.

**დასკვნა:** რა ძალითაც ადამიანი მოქმედებს კედელზე, იმავე ძალით კედელი მოქმედებს ადამიანზე.

## აზრობრივი ექსპერიმენტი

დინამომეტრები მოდულით ერთნაირ ძალას აჩვენებს, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ რკინის სხეული და მაგნიტი დინამომეტრებზე ერთნაირი სიდიდის ძალით მოქმედებს. ისრების ურთიერთსაწინააღმდეგო გადახრა მიუთითებს იმაზე, რომ ეს ძალები საპირისპიროა და მიმართული.

**დასკვნა:** რა ძალითაც მოქმედებს მაგნიტი რკინის სხეულზე, იმ სიდიდის ძალით მოქმედებს რკინის სხეული მაგნიტზე.

## 4.7. ნიუტონის მესამე კანონი

### გააზრება

- ა. სპორტსმენი ნიჩბით უკუაგდება წყალს და წყალი საპირისპირო მიმართულებით მოქმედებს ნიჩაბზე.

ბ. ეს ძალები მოდულით ტოლია და მიმართულებით საპირისპირო.

გ. ეს ძალები მოდებულია სხვადასხვა სხეულზე და არ აკომპენსირებს ერთმანეთს.

დ. თუ სპორტსმენი ნავის კედლებზე ძალით იმოქმედებს, ნავი არ ამოძრავდება. ნავი და ადამიანი შეადგენს ერთ ჩაკეტილ სისტემას, ამიტომ ადამიანის მოქმედება ნავზე და ნავის მოქმედება ადამიანზე ერთ სისტემაში მოქმედი ძალებია და ნავი და ადამიანი არ ამოძრავდება.
- ნაწილობრივ სითხით სავსე ჭურჭელში ბურთულის მოთავსების შემდეგ წონასწორობა დაირღვევა, რადგან ბურთულაზე იმოქმედებს არქიმედეს ამომგდები ძალა და ბურთულაც ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, იმავე ძალით იმოქმედებს სითხეზე. პასკალის კანონის თანახმად, წნევა, რომელიც ამ დროს წარმოიქმნება, ყველა მიმართულებით ვრცელდება და მოქმედებს ჭურჭლის ფსკერზეც. ამიტომ ირღვევა სასწორის წონასწორობა.

## საშინაო დავალება

თოკზე მოქმედი დაჭიმულობის ძალა, ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, იქნება 400 ნ, ამიტომ თოკი არ განწყდება.

### შენიშვნა:

ნიუტონის კანონები მოძრაობის განმსაზღვრელი კანონებია. მცდარია შეხედულება, როცა ამბობენ, რომ პირველი კანონი მეორე კანონისგან გამომდინარეობს. ნიუტონის ყველა კანონი ერთმანეთისგან დამოუკიდებელია, ვინაიდან წინააღმდეგ შემთხვევაში იქნებოდა ერთი კანონი და მისგან გამომდინარე შედეგები. მათემატიკური ჩანაწერი, რომ თუ  $F = 0$ , მაშინ  $a = 0$ , რადგან მასა არ უდრის ნულს, არ ნიშნავს მეორე კანონიდან, პირველის მიღებას. მათემატიკისგან განსხვავებით, ფიზიკაში მათემატიკური ჩანაწერების ინტერპრეტაცია სხვანაირია. მაგალითად, მიუხედავად იმისა, რომ  $R = U/I$  არავინ ამბობს, წინააღმდეგობა პირდაპირპროპორციულია ძაბვის და უკუპროპორციული დენის ძალის. ასევე ნიუტონის კანონებთან დაკავშირებით, წინა მათემატიკური ჩანაწერი იმაზე მიუთითებს, რომ მეორე კანონი არ არის წინააღმდეგობაში პირველ კანონთან. ნიუტონის ყველა კანონი ზუსტად ასახავს სხეულის მოძრაობის კანონებს ინერციულ ათვლის სისტემებში და ეს ითვლება, მეთოდისტების თანამედროვე ინტერპრეტაციით, და არა მარტო მეთოდისტების, ნიუტონის მთავარ დამსახურებად. ნიუტონის პირველი კანონის ინერპრეტაცია შეიძლება ასეთი იყოს, რომ გალილეის ინერციის კანონი სამართლიანია მხოლოდ ინერციული ათვლის სისტემების მიმართ. ნიუტონის თანახმად, ათვლის ინერციული სისტემის მიმართ, სხეული, რომელზეც იმოქმედებს ძალა, ვეღარ შეინარჩუნებს უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობას და იცვლის სიჩქარეს.

4.8. ამოცანები ამოხსნა

1. t, a, F -?

$m = 14 \text{ ტ} = 14 \cdot 10^3 \text{ კგ}$ $s = 800 \text{ მ}$ $v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$ $v = 144 \text{ კმ/სთ} = 40 \text{ მ/წმ}$	$s = \frac{v + v_0}{2} t$ $t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \cdot 800 \text{ მ}}{40 \text{ მ/წმ}}$ $t = 40 \text{ წმ}$ $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{40 \text{ მ/წმ}}{40 \text{ წმ}}$ $a = 1 \text{ მ/წმ}^2$ $F = ma$ $F = 14 \cdot 10^3 \text{ კგ} \cdot 1 \text{ მ/წმ}^2$ $F = 14 \text{ კნ}$
---	---

პასუხი: 40 წმ; 1 მ/წმ<sup>2</sup>; 14 კნ.

2. a -?

$F = 12 \text{ ნ}$ $m_1 = 1 \text{ კგ}$ $m_2 = 2 \text{ კგ}$	$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$ $a = \frac{12 \text{ ნ}}{3 \text{ კგ}}$ $a = 4 \text{ მ/წმ}^2$
--	--

პასუხი: 4 მ/წმ<sup>2</sup>

3.  $m_1 = F_1 / a_1 = 4 \text{ ნ} / 4 \text{ მ/წმ}^2 = 1 \text{ კგ}$   
 $m_2 = F_2 / a_2 = 8 \text{ ნ} / 2 \text{ მ/წმ}^2 = 4 \text{ კგ}$

4. F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, s -?

$m = 200 \text{ კგ}$ $t_1 = 1 \text{ წმ}$ $t_2 = t_3 = 2 \text{ წმ}$ $t = 5 \text{ წმ}$ $v_1 = v_2 = 10 \text{ მ/წმ}$ $v_0 = v_3 = 0 \text{ მ/წმ}$	$F_1 = ma_1 = (m(v_1 - v_0)) / t_1$ $F_1 = (200 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}) / 1 \text{ წმ}$ $F_1 = 2000 \text{ ნ}$ $F_2 = 0 \text{ ნ}$ მოძრაობა თანაბარია $F_3 = ma_3 = (m(v_3 - v_2)) / t_3$ $F_3 = (200 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}) / 2 \text{ წმ}$ $F_3 = 1000 \text{ ნ}$ $s = (v_1 t_1) / 2 + v_1 t_2 + (v_1 t_3) / 2$ $s = 35 \text{ მ}$
---	---

პასუხი: 2000 ნ; 0 ნ; 1000 ნ; 35 მ

5. გრაფიკიდან უნდა განვსაზღვროთ

$$m = 500 \text{ კგ}$$

$$F_1, F_2, F_3, F_4 - ?$$

$$F_1 = 0 \text{ მოძრაობა თანაბარია}$$

$$a_{x2} = (-10 \text{ მ/წმ} - 10 \text{ მ/წმ}) / 8 \text{ წმ} = -2.5 \text{ მ/წმ}^2$$

$$F_2 = 500 \text{ კგ} \cdot 2.5 \text{ მ/წმ}^2 = 1250 \text{ ნ}$$

$$a_{x3} = (15 \text{ მ/წმ} + 10 \text{ მ/წმ}) / 5 \text{ წმ} = 5 \text{ მ/წმ}^2$$

$$F_3 = 500 \text{ კგ} \cdot 5 \text{ მ/წმ}^2 = 2500 \text{ ნ}$$

$$F_4 = 0 \text{ მოძრაობა თანაბარია}$$

პასუხი: 0; 1250 ნ; 2500 ნ; 0.

$$6. \quad \begin{array}{l} v = v(t) - ? \\ F_1, F_2, F_3 - ? \end{array} \quad \left| \quad v_1(t) = a_1 t = \frac{3 \text{ მ/წმ} - 0 \text{ მ/წმ}}{3 \text{ წმ}} t$$

$$\begin{array}{l} m = 50 \text{ კგ} \\ v_0 = 0 \text{ მ/წმ} \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} v_1(t) = t \\ F_1 = ma_1 = 50 \text{ ნ} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} v_2(t) = 3 \\ F_2 = 0 \\ v_3(t) = 3 + a_3 t = 3 + \frac{0 \text{ მ/წმ} - 3 \text{ მ/წმ}}{3 \text{ წმ}} t \end{array}$$

$$\begin{array}{l} v_3(t) = 3 - t \\ F_3 = ma_3 = 50 \text{ ნ} \end{array}$$

პასუხი:  $v_1(t) = t$ ;  $v_2(t) = 3$ ;  $v_3(t) = 3 - t$ ; 50 ნ; 0; 50 ნ

$$7. \quad m_2 - ? \quad \left| \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta v_2}{\Delta v_1} = \frac{v_2' - v_2}{v_1' - v_1} = 6$$

$$m_1 = 600 \text{ კგ} = 0,6 \text{ კგ}$$

$$v_1 = 0,2 \text{ მ/წმ}$$

$$v_2 = 0,4 \text{ მ/წმ}$$

$$v_1' = 0,1 \text{ მ/წმ}$$

$$v_2' = 0,2 \text{ მ/წმ}$$

$$m_2 = \frac{m_1}{6} = 0,1 \text{ კგ}$$

პასუხი: 0,1 კგ

8. a - ?	$F_b = \mu mg = 0,5 \cdot 3 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2$
$m = 3 \text{ კგ}$	$F_b = 15 \text{ ნ}$
$F_g = 16,5 \text{ ნ}$	$a = \frac{F_g - F_b}{m}$
$\mu = 0,5$	$a = \frac{16,5 \text{ ნ} - 15 \text{ ნ}}{3 \text{ კგ}}$
$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	$a = 0,5 \text{ მ/წმ}^2$

პასუხი:  $0,5 \text{ მ/წმ}^2$

#### 4.9. მსოფლიო მიზიდულობის კანონი

##### გააზრება

1. თუ მიზიდულობის ძალა მთვარესა და მზეს შორის გაცილებით მეტი იქნებოდა, ვიდრე მიზიდულობის ძალა მთვარესა და დედამიწას შორის, მთვარე მხოლოდ მზის გარშემო იმოძრაებდა.

2. F - ?	$F = G \frac{m \cdot M}{R^2}$
$m = 56 \text{ ტ} = 5,6 \cdot 10^4 \text{ კგ}$	$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მმ}^2/\text{კგ}^2 \frac{5,6 \cdot 10^4 \text{ კგ} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}}{(6,4 \cdot 10^6 \text{ კმ})^2}$
$M = 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}$	$F = 5,47 \cdot 10^5 \text{ ნ}$
$R = 6400 \text{ კმ} =$	
$= 6,4 \cdot 10^6 \text{ კმ}$	
$G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მმ}^2/\text{კგ}^2$	

პასუხი:  $5,47 \cdot 10^5 \text{ ნ}$

3. დედამიწიდან დაშორების მანძილის გაზრდით, მიზიდულობის ძალა მკვეთრად მცირდება, რადგან უკუპროპორციულია მანძილის კვადრატის.

##### საშინაო დავალება

1. F - ?	$F = G \frac{m^2}{r^2}$
$m = 10 \text{ კგ}$	$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მმ}^2/\text{კგ}^2 \frac{(10 \text{ კგ})^2}{(0,15 \text{ მ})^2}$
$r = 0,15 \text{ მ}$	$F = 2,96 \cdot 10^{-7} \text{ ნ}$
$G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მმ}^2/\text{კგ}^2$	

პასუხი:  $2,96 \cdot 10^{-7} \text{ ნ}$

2. $F - ?$	$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$
$m_1 = 158 \text{ კგ}$ $m_2 = 0,73 \text{ კგ}$ $r = 22,5 \text{ სმ} = 22,5 \cdot 10^{-2} \text{ მ}$ $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნმ}^2/\text{კგ}^2$	$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნმ}^2/\text{კგ}^2 \frac{158 \text{ კგ} \cdot 0,73 \text{ კგ}}{(22,5 \cdot 10^{-2} \text{ მ})^2}$ $F = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ ნ}$

**პასუხი:**  $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ ნ}$

3. $F - ?$	$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$
$m_1 = 1 \text{ კგ}$ $m_2 = 4 \cdot 10^{24} \text{ კგ}$ $r = 6100 \text{ კმ} = 6,1 \cdot 10^6 \text{ მ}$ $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნმ}^2/\text{კგ}^2$	$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნმ}^2/\text{კგ}^2 \frac{1 \text{ კგ} \cdot 4 \cdot 10^{24} \text{ კგ}}{(6,1 \cdot 10^6)^2}$ $F = 7,17 \text{ ნ}$

**პასუხი:**  $7,17 \text{ ნ}$

**შენიშვნა:** ზღვებისა და ოკეანეების მიქცევა-მოქცევა ძლიერდება, როდესაც მზე და მთვარე ერთ წრფეზეა განლაგებული დედამიწის მიმართ.

#### 4.10. ერთი ძალით გამოწვეული სხეულის მოძრაობა

##### გააზრება

1. განმარტების თანახმად, თავისუფალი ვარდნა ეწოდება სიმძიმის ძალის მოქმედებით სხეულის მოძრაობას უჰაერო სივრცეში. აქედან გამომდინარე, სხეულზე მოქმედებს მხოლოდ ერთი – სიმძიმის ძალა.

2. $F_g - ?$	$F_g = m g_{\text{ღ}}$ $F_g = m g_{\text{ა}}$
$F_{\text{ღ}} = 60 \text{ ნ}$ $g_{\text{ღ}} \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ $g_{\text{ა}} \approx 1,6 \text{ მ/წმ}^2$	$\frac{F_{\text{ა}}}{F_{\text{ღ}}} = \frac{m g_{\text{ა}}}{m g_{\text{ღ}}}$ $F_{\text{ა}} = F_{\text{ღ}} \frac{g_{\text{ა}}}{g_{\text{ღ}}} = 60 \text{ ნ} \cdot \frac{1,6 \text{ მ/წმ}^2_{\text{ა}}}{10 \text{ მ/წმ}^2} = 9,6 \text{ ნ}$

**პასუხი:**  $9,6 \text{ ნ}$

## საშინაო დავალება

<p>1. <math>g_0 - ?</math></p> <p><math>M = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ კგ}</math>  <math>R = 1738,14 \text{ კმ} =</math>  <math>= 1,73814 \cdot 10^6 \text{ მ}</math>  <math>G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მ}^2/\text{კგ}^2</math></p>	$g_0 = G \frac{M}{R^2}$ $g_0 = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მ}^2/\text{კგ}^2 \cdot \frac{7,35 \cdot 10^{22} \text{ კგ}}{(1,73814 \cdot 10^6 \text{ მ})^2}$ $g_0 \approx 1,6 \text{ მ/წმ}^2$
--	---

**პასუხი:**  $\approx 1,6 \text{ მ/წმ}^2$

### 4.11. სხეულის წონის ექსპერიმენტული კვლევა

#### I ექსპერიმენტი

ბ) ზამბარა შეიკუმშა, ე.ი. სხეული ნაკლები ძალით ქაჩავს ზამბარას.

**დასკვნა:** ქვევით აჩქარებულად მოძრაობისას (დინამომეტრის აჩქარება მიმართულია ქვევით) სხეულის წონა შემცირდა.

გ) ზამბარა დაიჭიმა, ე.ი. სხეული მეტი ძალით ქაჩავს ზამბარას.

**დასკვნა:** ზევით აჩქარებულად მოძრაობისას (დინამომეტრის აჩქარება მიმართულია ზევით) სხეულის წონა გაიზარდა.

დ) ზამბარა არ დაიჭიმა (დინამომეტრის ჩვენებაა ნული), ე.ი. სხეული აღარ ქაჩავს ზამბარას.

**დასკვნა:** თავისუფლად ვარდნისას (დინამომეტრის აჩქარება მიმართულია ქვევით და უდრის  $g$ -ს) სხეულის წონა ნული გახდა, ანუ სხეული უწონობაშია.

#### II ექსპერიმენტი

ძელაკი და ფურცელი ერთდროულად დაეცა, რადგან ორივე ერთნაირი აჩქარებით მოძრაობდა. ვარდნისას ფურცელი აღარ იყო ჩაზნექილი.

**დასკვნა:** ძელაკი არ აწევა ფურცელს, ანუ, უწონო მდგომარეობაშია.

### 4.12. წონა და უწონობა

#### გააზრება

<p>1. <math>a - ?</math></p> <p><math>P/mg = 3</math>  <math>g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2</math></p>	$P = m(g + a)$ $P = 3mg$ $m(g + a) = 3mg$ $a = 2g = 2 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2$ $a = 20 \text{ მ/წმ}^2$
---	--

**პასუხი:**  $20 \text{ მ/წმ}^2$

2. ა) წონა გამოითვლება ფორმულით:  $P = m(g + a)$ , საიდანაც ჩანს, რომ  $P > mg$ . სხეულის წონის მოდული მეტია სიმძიმის ძალის მოდულზე.  
 ბ) წონა გამოითვლება ფორმულით:  $P = m(g - a)$ , საიდანაც ჩანს, რომ  $P < mg$ . სხეულის წონის მოდული ნაკლებია სიმძიმის ძალის მოდულზე.

### საშინაო დავალება

1. $P - ?$	$P = mg$ $P = 2 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2 = 20 \text{ ნ}$ $P < F_{\text{აქ}}$ - არ განყდება
$F_{\text{აქ}} = 40 \text{ ნ}$ $m = 2 \text{ კგ}$ $a = 7 \text{ მ/წმ}^2$ $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	ზევით მოძრაობისას $P = m(g + a)$ $P = 2 \text{ კგ} \cdot (10 \text{ მ/წმ}^2 + 7 \text{ მ/წმ}^2) = 34 \text{ ნ}$ არ განყდება

**პასუხი:** არ განყდება

2. $a - ?$	$P = m(g + a)$ $P = F_{\text{აქ}}$ $a = \frac{F - mg}{m} = \frac{10 \text{ ნ} - 5 \text{ ნ}}{0.5 \text{ კგ}}$ $a = 10 \text{ მ/წმ}^2$
$F_{\text{აქ}} = 10 \text{ ნ}$ $m = 0.5 \text{ კგ}$ $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	

**პასუხი:**  $10 \text{ მ/წმ}^2$

### 4.13. ამოცანების ამოხსნა

1. $F_6 - ?$	$F_6 = ma + F_b = ma + \mu mg$ $F_6 = 2 \text{ კგ} \cdot 0,2 \text{ მ/წმ}^2 + 0,2 \cdot 2 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2$ $F_6 = 0,4 \text{ ნ} + 4 \text{ ნ}$ $F_6 = 4,4 \text{ ნ}$
$a = 0,2 \text{ მ/წმ}^2$ $\mu = 0,2$ $m = 2 \text{ კგ}$	

**პასუხი:**  $4,4 \text{ ნ}$



2. F - ?	$x = 5 - 12 t$
$m = 15$ კგ $x = 5 - 12 t$	მოძრაობა თანაბარია, ამიტომ ძალების ტოლქმედი $F = 0$ ნ

პასუხი: 0.

3. F - ?	პირველი 1 წმ სხეული მოძრაობს თანაბრად, ხოლო მომდევნო 1 წმ-ში სიჩქარე გაიზარდა 15 მ/წმ-მდე
$m = 500$ კგ $t = 2$ წმ	$a = (15 \text{ მ/წმ} - 10 \text{ მ/წმ}) / 1 \text{ წმ}$ $a = 5 \text{ მ/წმ}^2$ $F = ma = 500 \text{ kg} \cdot 5 \text{ მ/წმ}^2$ $F = 2500$ ნ

პასუხი: 2500 ნ

4. a, T - ?	$F - \mu(m_1 + m_2)g = (m_1 + m_2) a$
$m_1 = 1$ კგ $m_2 = 2$ კგ $F = 15$ ნ $\mu = 0,1$	$a = \frac{F}{m_1 + m_2} - \mu g = \frac{15 \text{ ნ}}{3 \text{ კგ}} - 0,1 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2$ $a = 4 \text{ მ/წმ}^2$
	1. ნიუტონის მეორე კანონი $m_2$ სხეულისთვის $F - T - m_2 g = m_2 a$ $T = F - m_2 g - m_2 a$ $T = 15 \text{ ნ} - 0,1 \cdot 2 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2 - 2 \text{ კგ} \cdot 4 \text{ მ/წმ}^2$ $T = 5$ ნ
	2. ნიუტონის მეორე კანონი $m_1$ სხეულისთვის $T - m_1 g = m_1 a$ $T = m_1 g + m_1 a$ $T = 0,1 \cdot 1 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2 + 1 \text{ კგ} \cdot 4 \text{ მ/წმ}^2$ $T = 5$ ნ

პასუხი: 4 მ/წმ<sup>2</sup>; 5 ნ.

5.  $a_{\text{საშ}} - ?$   $v - ?$

$$F_{\text{მაქს}} = 100 \text{ ნ}$$

$$t = 0,01 \text{ წმ}$$

$$m = 50 \text{ კგ} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ მგ}$$

$$F_{\text{საშ}} = \frac{0 + F_{\text{მაქს}}}{2} = \frac{F_{\text{მაქს}}}{2} = 50 \text{ ნ}$$

$$a = \frac{F_{\text{საშ}}}{m} = \frac{50 \text{ ნ}}{5 \cdot 10^{-2} \text{ მგ}}$$

$$a = 10^3 \text{ მ/წმ}^2$$

$$v = a t = 10^3 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 0,01 \text{ წმ}$$

$$v = 10 \text{ მ/წმ}$$

პასუხი:  $10^3 \text{ მ/წმ}^2$ ;  $10 \text{ მ/წმ}$ .

6.  $F_{\text{ღაჭ}} - ?$

$$a = 0,2 \text{ მ/წმ}^2$$

$$g = 9,8 \text{ მ/წმ}^2$$

$$m = 1000 \text{ კგ}$$

$$F_{\text{ღაჭ}} = m(g + a)$$

$$F_{\text{ღაჭ}} = 1000 \text{ კგ} (9,8 \text{ მ/წმ}^2 + 0,2 \text{ მ/წმ}^2)$$

$$F_{\text{ღაჭ}} = 10000 \text{ ნ}$$

პასუხი:  $10000 \text{ ნ}$ .

7.  $F - ?$

$$m = 50 \text{ კგ}$$

$$v = 2 \text{ მ/წმ}$$

$$v_0 = 8 \text{ მ/წმ}$$

$$t = 3 \text{ წმ}$$

$$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$$

$$F = m(g - a)$$

$$a = 2 \cdot 10^3 \text{ მ/წმ}^2$$

$$v = a t = 2 \cdot 10^3 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 0,01 \text{ წმ}$$

$$v = 20 \text{ მ/წმ}$$

$$a = \frac{2 \text{ მ/წმ} - 8 \text{ მ/წმ}}{3 \text{ წმ}}$$

$$a = -2 \text{ მ/წმ}^2$$

ანქარება მიმართულია ქვევით

$$F = 50 \text{ კგ} \cdot (10 \text{ მ/წმ}^2 - 2 \text{ მ/წმ}^2)$$

$$F = 400 \text{ ნ}$$

პასუხი:  $400 \text{ ნ}$ .

8.  $F - ?$

$$m = 30 \text{ ტ} = 3 \cdot 10^4 \text{ კგ}$$

$$v = 0,5 \text{ მ/წმ}$$

$$v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$$

$$t = 1 \text{ წმ}$$

$$F = ma$$

$$a = \frac{0,5 \text{ მ/წმ} - 0 \text{ მ/წმ}}{1 \text{ წმ}}$$

$$a = 0,5 \text{ მ/წმ}^2$$

$$F = 3 \cdot 10^4 \text{ კგ} \cdot 0,5 \text{ მ/წმ}^2$$

$$F = 15000 \text{ ნ}$$

პასუხი:  $15000 \text{ ნ}$

9. $F_b - ?$	$F_b - F_b = ma$ $a = \frac{20 \text{ მ/წმ} - 0 \text{ მ/წმ}}{10 \text{ წმ}}$ $a = 2 \text{ მ/წმ}^2$ $F_b = F_b + ma$ $F_b = 2000 \text{ გ} \cdot 1500 \text{ კგ} \cdot 2 \text{ მ/წმ}^2$ $F_b = 5000 \text{ გ}$
$m = 1500 \text{ კგ}$ $v = 20 \text{ მ/წმ}$ $v_0 = 0 \text{ მ/წმ}$ $t = 10 \text{ წმ}$ $F_{\text{ბაბ}} = 2000 \text{ გ}$	

პასუხი: 4,4 გ

10. $F - ?$	$F = G \frac{mM}{(R+r)^2}$ $F = G \frac{4mM}{9R^2}$ $F = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მმ}^2/\text{კგ}^2 \frac{4 \cdot 1 \text{ კგ} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}}{9 \cdot (6,4 \cdot 10^6 \text{ მ})^2}$ $F = 4 \text{ გ}$
$m = 1 \text{ კგ}$ $h = R/2$ $F_{\text{ბაბ}} = 2000 \text{ გ}$ $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მმ}^2/\text{კგ}^2$	

პასუხი: 4 გ

11. $R_1 - ?$	$F_1 = G \frac{mM_{\text{გ}}}{R_1^2}$ $F_1 = G \frac{mM_{\text{გ}}}{(R - R_1)^2}$ $\frac{M_{\text{გ}}}{M_{\text{გ}}} = \frac{R_1^2}{(R - R_1)^2}$ $9 = \frac{R_1^2}{(60 R_{\text{გ}} - R_1)}$ $R_1 = 54 R_{\text{გ}}$
$M_{\text{გ}} = 81 M_{\text{გ}}$ $R = 60 R_{\text{გ}}$ $F_1 = F_2$ $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მმ}^2/\text{კგ}^2$	

პასუხი:  $R_1 = 54 R_{\text{გ}}$

12.  $v$  - ?

$$T = 365 \text{ დღ.ღმ.} = 31536000 \text{ წმ}$$

$$R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ მ}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ მ}}{31536000 \text{ წმ}}$$

$$v = 30 \text{ კმ/წმ}$$

პასუხი: 30 კმ/წმ

13.  $h$  - ?

$$F_1 / F_2 = 100$$

$$F_1 = G \frac{mM}{R_{\oplus}^2}$$

$$F_2 = G \frac{mM}{(R_{\oplus} + h)^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{mM}{(R_{\oplus} + h)^2}$$

$$100 = \frac{R_{\oplus} + h}{R_{\oplus}}$$

$$h = 99 R_{\oplus}$$

პასუხი:  $h = 99 R_{\oplus}$

#### 4.14. მოძრაობა წრეწირზე

##### გააზრება

1. ა) თუ სხეული უძრავადაა A და B წერტილში, მაშინ

$$P = N = mg$$

ბ)  $P = N = m \left( \frac{g - v^2}{R} \right)$  და  $P < mg$

გ)  $P = N = m \left( \frac{g + v^2}{R} \right)$  და  $P > mg$

საშინაო დავალება

1. P - ?	$P = m(g + a)$
$m = 40 \text{ კგ}$	$P = m \left( g + \frac{v^2}{R} \right)$
$R = 4 \text{ მ}$	
$v = 6 \text{ მ/წმ}$	
$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	
	$P = 40 \text{ კგ} \left( 10 \text{ მ/წმ} + \frac{(6 \text{ მ/წმ})^2}{4 \text{ მ}} \right)$
	$P = 760 \text{ ნ}$

პასუხი: 760 ნ

2. $P_1; P_2 - ?$	$P_1 = mg = 1000 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2$
$m = 1 \text{ ტ} = 1000 \text{ კგ}$	$P_1 = 10 \text{ კნ}$
$R = 40 \text{ მ}$	
$v = 36 \text{ კმ/სთ} = 10 \text{ მ/წმ}$	
$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	
	$P_2 = m(g - a)$
	$P = m \left( g - \frac{v^2}{R} \right)$
	$P_2 = 1000 \text{ კგ} \left( 10 \text{ მ/წმ}^2 - \frac{(10 \text{ მ/წმ})^2}{40 \text{ მ}} \right)$
	$P_2 = 7,5 \text{ კნ}$
	$P_1 > P_2$

პასუხი:  $P_1 > P_2$

3. $v_{\text{მინ}} - ?$	$\vec{N} = 0; \vec{a} = \vec{g}$
$R = 1 \text{ მ}$	$g = \frac{v^2}{r}$
$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	
	$v = \sqrt{gR}$
	$v = \sqrt{(1 \text{ მ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2)}$
	$v = 3,2 \text{ მ/წმ}$

პასუხი: 3,2 მ/წმ

#### 4.15. პირველი კოსმოსური სიჩქარე

##### გააზრება

პლანეტა	პლანეტის მასა, კგ	პლანეტის რადიუსი, კმ	პირველი კოსმოსური სიჩქარე, კმ/წმ
დედამიწა	$6 \cdot 10^{24}$	6400	7,9
მერკური	$0,33 \cdot 10^{24}$	2440	3,1
მარსი	$0,6 \cdot 10^{24}$	3395	3,55
სატურნი	$562 \cdot 10^{24}$	58232	25
ვენერა	$4,9 \cdot 10^{24}$	6100	7,4

##### საშინაო დავალება

1.  $v$  - ?

$$h = 300 \text{ კმ}$$

$$R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ მ}$$

$$M_{\oplus} = 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}}$$

$$v = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{6 \cdot 10^{24}}{6,4 \cdot 10^6 + 300} \text{ კმ}}$$

$$v \approx 7,75 \text{ მ/წმ}$$

პასუხი:  $\approx 7,75 \text{ მ/წმ}$

2.  $T$  - ?

$$h = 250 \text{ კმ} = 0,25 \cdot 10^6 \text{ მ}$$

$$R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ მ}$$

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

$$M = 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}$$

$$T = 2\pi \frac{R+h}{v}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{6,4 \cdot 10^6 \text{ მ} + 0,25 \cdot 10^6 \text{ მ}}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ მ}^3/\text{კგ}^2 \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}}}$$

$$T = 5140 \text{ წმ} \approx 1,42 \text{ სთ}$$

პასუხი:  $\approx 1,42 \text{ სთ}$

3.  $v - ?$

$$h = R$$

$$R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ მ}$$

$$G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნმ}^2/\text{კგ}^2$$

$$M_{\text{გ}} = 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}}$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{2R}}$$

$$v = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნმ}^2/\text{კგ}^2 \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6}}$$

$$v \approx 5,6 \text{ მ/წმ}$$

პასუხი:  $\approx 5,6 \text{ მ/წმ}$

4.  $h - ?$

$$R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ მ}$$

$$G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნმ}^2/\text{კგ}^2$$

$$M = 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}$$

$$v = 7 \text{ კმ/წმ} = 7000 \text{ მ/წმ}$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}}$$

$$h = \frac{GM}{v^2}$$

$$h = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ ნმ}^2/\text{კგ}^2 \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ კგ}}{(7000 \text{ მ/წმ})^2}$$

$$h = 1,8 \cdot 10^3 \text{ მ}$$

პასუხი:  $1,8 \cdot 10^3 \text{ მ}$

#### 4.16. ხელოვნური თანამგზავრები

გააზრება

ა)  $v = 7,9 \text{ კმ/წმ}$  – პირველი კოსმოსური სიჩქარე;

ბ)  $v = 11,2 \text{ კმ/წმ}$  – მეორე კოსმოსური სიჩქარე;

გ)  $v = 16,7 \text{ კმ/წმ}$  – მესამე კოსმოსური სიჩქარე;

### საშინაო დავალება

1. $v_1 / v_2 - ?$  $h_1 = R$ $h_2 = 4R$	$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R+R}}$ $v_2 = \sqrt{G \frac{M}{R+4R}}$ $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{5R}{2R}} \approx 1,6$ შემცირდება 1,6-ჯერ
---	--

პასუხი: 1,6-ჯერ

### 4.17. სხეულთა წონასწორობის პირობები

#### გააზრება

1. $h / l - ?$  $t = 2 \text{ წმ}$ $l = 15 \text{ მ}$ $v = 0 \text{ მ/წმ}$	$a = \frac{2 \cdot l}{t^2} = \frac{2 \cdot 15 \text{ მ}}{(2 \text{ წმ})^2} = 7,5 \text{ მ/წმ}^2$ $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$ $\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ mg \sin \alpha = ma \\ g \sin \alpha = a \end{cases}$ $\frac{h}{l} = \frac{a}{g} = \sin \alpha$ $\frac{h}{l} = \frac{7,5 \text{ მ/წმ}^2}{10 \text{ მ/წმ}} = 0,75$
--	---

პასუხი: 0,75

2. $a - ?$  $s = h$ $g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$ $\mu = 0,2$	$\alpha = 45^\circ$ $a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ $a = 10 \text{ მ/წმ}^2 \left( \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{0,2\sqrt{2}}{2} \right)$ $a \approx 5,7 \text{ მ/წმ}^2$
---	--

პასუხი:  $\approx 5,7 \text{ მ/წმ}^2$



3. a - ?	$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$
$\alpha = 30^\circ$	$mgsin\alpha = ma$
$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	$a = gsin\alpha$
$\mu = 0,2$	$a = 10 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 0,5 = 5 \text{ მ/წმ}^2$

პასუხი: 5 მ/წმ<sup>2</sup>

4. F - ?	$\vec{F} + \vec{F}_{\text{ბბ}} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{სმ}} = 0$
$m = 50 \text{ კგ}$	$\begin{cases} F - \mu N - mgsin\alpha = 0 \\ N = mgcos\alpha \end{cases}$
$\alpha = 30^\circ$	
$\mu = 0,2$	$F = mg(\mu cos\alpha + sin\alpha)$
$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	$F = 50 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2 (0,2 \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2})$
$v = \text{const}$	$F \approx 337 \text{ ნ}$

პასუხი:  $\approx 337 \text{ ნ}$

5. a - ?	$\vec{F}_{\text{ბბ}} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{სმ}} = m\vec{a}$
$m = 40 \text{ კგ}$	$\begin{cases} mgsin\alpha - \mu N = ma \\ N = mgcos\alpha \end{cases}$
$\alpha = 45^\circ$	
$\mu = 0,7$	$a = g(sin\alpha - \mu cos\alpha)$
$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	$a = 10 \text{ მ/წმ}^2 (\frac{\sqrt{2}}{2} - 0,7 \frac{\sqrt{2}}{2})$
	$a \approx 2,1 \text{ მ/წმ}^2$

პასუხი:  $\approx 2,1 \text{ მ/წმ}^2$

6. $F_{\text{ბბ}}$ - ?	$\vec{F}_{\text{ბბ}} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{სმ}} = m\vec{a}$
$m = 8000 \text{ კგ}$	$F_{\text{ბბ}} = F_{\text{წკ}} - mg sin\alpha$
$sin\alpha = 0,05$	$F_{\text{ბბ}} = 5000 \text{ ნ} - 8000 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 0,05$
$F_{\text{წკ}} = 5000 \text{ ნ}$	$F_{\text{ბბ}} = 1000 \text{ ნ}$
$g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2$	
$v = \text{const}$	

პასუხი: 1000 ნ

#### 4.18. გადაბმული სხეულების მოძრაობა

გააზრება

1. a - ?

$$\begin{aligned} m_1 &= 0,3 \text{ კგ} \\ m_2 &= 0,2 \text{ კგ} \\ g &\approx 10 \text{ მ/წმ}^2 \end{aligned}$$

$$\vec{F}_{\text{ბაბ}} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{სიძ}} = m\vec{a}$$

$$\begin{cases} m_1 \vec{g} + \vec{T} = m_1 \vec{a} \\ m_2 \vec{g} + \vec{T} = m_2 \vec{a} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 g - T = m_1 a \\ m_2 g - T = -m_2 a \end{cases}$$

$$a = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$$

$$a = 10 \text{ მ/წმ}^2 \frac{0,3 \text{ კგ} - 0,2 \text{ კგ}}{0,3 \text{ კგ} + 0,2 \text{ კგ}}$$

$$a = 2 \text{ მ/წმ}^2$$

პასუხი: 2 მ/წმ<sup>2</sup>

2. T - ?

$$\begin{aligned} m_1 &= 0,4 \text{ კგ} \\ m_2 &= 0,8 \text{ კგ} \\ g &\approx 10 \text{ მ/წმ}^2 \end{aligned}$$

$$\vec{F}_{\text{ბაბ}} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{სიძ}} = m\vec{a}$$

$$\begin{cases} m_1 \vec{g} + \vec{T} = m_1 \vec{a} \\ m_2 \vec{g} + \vec{T} = m_2 \vec{a} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_2 g - T = m_2 a \\ m_1 g - T = -m_1 a \end{cases}$$

$$a = g \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$$

$$T = m_2(g - a)$$

$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$

$$T = \frac{2 \cdot 0,8 \text{ კგ} \cdot 0,4 \text{ კგ}}{0,4 \text{ კგ} + 0,8 \text{ კგ}} \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2$$

$$T \approx 5,3 \text{ ნ}$$

პასუხი:  $\approx 5,3 \text{ ნ}$

#### 4.19. ჰორიზონტისადმი კუთხით გასროლილი სხეულის მოძრაობა

##### გააზრება

მოსწავლეები 74-ე სურათზე გამოსახული გრაფიკის მიხედვით აღწერენ როგორ იცვლება ბურთის სიჩქარე და გეგმილები ტრაექტორიის სხვადასხვა წერტილში.

##### საშინაო დავალება

წყლის ჭავლის ტრაექტორიის ნახევარშტოები განსხვავებულია ჰაერის წინააღმდეგობის გამო. ასეთ ტრაექტორიას ბალისტიკური ტრაექტორია ეწოდება.

#### 4.20. ამოცანების ამოხსნა

<p>1. <math>h - ?</math></p> <p><math>\alpha = 30^\circ</math></p> <p><math>v_0 = 5 \text{ მ/წმ}</math></p> <p><math>g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2</math></p>	$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ $T = \frac{(5 \text{ მ/წმ})^2 \cdot 0,5^2}{2 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2}$ $h = 0,31 \text{ მ}$
	<p>პასუხი: 0,31 მ</p>

<p>2. <math>t - ?</math> <math>L - ?</math></p> <p><math>\alpha = 60^\circ</math></p> <p><math>v_0 = 10 \text{ მ/წმ}</math></p> <p><math>g \approx 10 \text{ მ/წმ}^2</math></p>	$h = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$ $t = \frac{2 \cdot 10 \text{ მ/წმ} \cdot 0,87}{2 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2}$ $t = 1,74 \text{ წმ}$ $L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ $L = \frac{(10 \text{ მ/წმ})^2 \cdot \sin 120^\circ}{2 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2}$ $L = 8,7 \text{ მ}$
	<p>პასუხი: 1,74 წმ; 8,7 მ</p>

3. L - ?

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$L = \frac{(10 \text{ მ/წმ})^2 \cdot \sin 90^\circ}{2 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2}$$

$$L = 10 \text{ მ}$$

პასუხი: 10 მ

**დამატებითი მასალა**

შეგიძლიათ მოსწავლეებს მიაწოდოთ სქემა: სიმძიმის ძალის მოქმედებით სხეულის მოძრაობის აღწერა.

საწყისი პირობები		მოძრაობის აღწერა	
საწყისი კოორდინატი	საწყისი სიჩქარე	ფორმულები	ტრაექტორია
$y_0 = h$		$v = -gt$ $y = h - \frac{gt^2}{2}$	
$y_0 = h$		$v = -v_0 - gt$ $y = h - v_0 t - \frac{gt^2}{2}$	
$y_0 = 0$		$v = v_0 - gt$ $y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$	
$y_0 = 0$		$v_x = v_0 \cos \alpha$ $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$ $x = v_0 t \cos \alpha$ $y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$	
$y_0 = h$		$v_x = v_0$ $v_y = -gt$ $x = v_0 t$ $y = h - \frac{gt^2}{2}$	
$y_0 = R_2 + h$ $x_0 = 0$ $v_0 = 8 \text{ მმ/წმ}$		$v_x = v_0 \cos \alpha$ $v_y = v_0 \sin \alpha$ $x = (R_2 + h) \sin \frac{2\pi}{T} t$ $y = (R_2 + h) \cos \frac{2\pi}{T} t$	

#### 4.21. მოძრაობის ექსპერიმენტული კვლევა

##### I ექსპერიმენტი

**დასკვნა:** 15 სმ სიმაღლიდან ქვიშაზე ჩამოგდებისას ფოლადის ბურთულის ზემოქმედება მეტია, ვიდრე რეზინის ბურთულისა.

30 სმ-ის სიმაღლიდან ფოლადის ბურთულის ჩამოგდებისას ის უფრო ღრმა კვალს ტოვებს ქვიშაში, ვიდრე იგივე ბურთულა 15 სმ სიმაღლიდან ჩამოგდებისას. სიჩქარის ფორმულიდან  $v = \sqrt{2gh}$ , გამომდინარეობს, რომ რაც უფრო მეტი სიმაღლიდან ვარდება სხეული, მით მეტია მისი სიჩქარე. ექსპერიმენტის შედეგიდან გამომდინარეობს, რომ ბურთულის ზემოქმედება ქვიშის ზედაპირზე დამოკიდებულია ბურთულის მასასა და მის სიჩქარეზე. რაც მეტია სხეულის მასა და მისი სიჩქარე, მით მეტია ბურთულის ურთიერთქმედება სხვა სხეულთან.

##### II ექსპერიმენტი

**დასკვნა:** პირველი ბურთულის გადახრისა და ხელის გაშვების შემდეგ, იგი ეჯახება სხვა ბურთულას და მხოლოდ ბოლო ბურთულა გადაიხრება. ბოლო ბურთულისა და პირველი ბურთულის გადახრის კუთხეები ტოლია.

#### 4.22. სხეულისა და ძალის იმპულსი

##### გააზრება

1. $F_x - ?$  $p_{x1} = 20 \text{ ნ}\cdot\text{წმ}$ $p_{x2} = 10 \text{ ნ}\cdot\text{წმ}$ $t = 2 \text{ წმ}$	$F = \frac{\Delta p}{t}$ $\Delta p_x = p_{x2} - p_{x1}$ $F_x = \frac{p_{x2} - p_{x1}}{t}$ $F_x = \frac{10 \text{ ნ}\cdot\text{წმ} - 20 \text{ ნ}\cdot\text{წმ}}{2 \text{ წმ}}$ $F_x = -5 \text{ ნ}$
--	---

პასუხი: - 5 ნ

### საშინაო დავალება

1.  $p_1, p_2$  - ?

$$m = 2 \text{ კგ}$$

$$t_1 = 2 \text{ წმ}$$

$$t_2 = 4 \text{ წმ}$$

$$x = 5 - 8t + 4t^2$$

$$\Delta p = m (v - v_0)$$

$$\Delta p = 1000 \text{ კგ} \cdot (20 \text{ მ/წმ} - 10 \text{ მ/წმ})$$

$$\Delta p = 10^4 \text{ კგ} \cdot \text{მ/წმ}$$

$$F = \frac{\Delta p}{t}$$

$$F = 2,5 \text{ კნ}$$

პასუხი: - 5 ნ

2.  $p_1, p_2$  - ?

$$m = 2 \text{ კგ}$$

$$t_1 = 2 \text{ წმ}$$

$$t_2 = 4 \text{ წმ}$$

$$x = 5 - 8t + 4t^2$$

$$a_x = 8 \text{ მ/წმ}^2$$

$$v_{0x} = -8 \text{ მ/წმ}$$

$$v_{1x} = v_{0x} + a_x t_1 = -8 \text{ მ/წმ} + 8 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 2 \text{ წმ}$$

$$v_{1x} = 8 \text{ მ/წმ}$$

$$v_{2x} = v_{0x} + a_x t_2 = -8 \text{ მ/წმ} + 8 \text{ მ/წმ}^2 \cdot 4 \text{ წმ}$$

$$v_{2x} = 24 \text{ მ/წმ}$$

$$p_1 = m v_1 = 2 \text{ კგ} \cdot 8 \text{ მ/წმ} = 16 \text{ კგ} \cdot \text{მ/წმ}$$

$$p_2 = m v_2 = 2 \text{ კგ} \cdot 24 \text{ მ/წმ} = 48 \text{ კგ} \cdot \text{მ/წმ}$$

$$F = \frac{m (v_1 - v_0)}{t_1}$$

$$F = \frac{2 \text{ კგ} (8 \text{ მ/წმ} + 8 \text{ მ/წმ})}{2 \text{ წმ}}$$

$$F = 16 \text{ ნ}$$

პასუხი: 16 ნ

3.  $\Delta p_1, \Delta p_2$  - ?

$$m = 5 \text{ კგ}$$

$$v_0 = 10 \text{ მ/წმ}$$

$$\Delta p_1 = F t_1 = 10 \text{ ნ} \cdot 1 \text{ წმ} = 10 \text{ კგ} \cdot \text{მ/წმ}$$

(0;1) ინტერვალი

[1;2) ინტერვალში ძალა წრფივად იცვლება

10 ნ-დან 0-მდე

$$F_{\text{საშ}} = 5 \text{ ნ}$$

$$\Delta p_2 = F t_2 = 5 \text{ ნ} \cdot 1 \text{ წმ} = 5 \text{ კგ} \cdot \text{მ/წმ}$$

$$v_1 = \frac{F t_1}{m} + v_0 = 12 \text{ მ/წმ}; \quad v_2 = \frac{F_{\text{საშ}} t_2}{m} + v_1 = 13 \text{ მ/წმ}$$

(0;2) ინტერვალი

$$\Delta p = m (v_2 - v_0)$$

$$\Delta p = 5 \text{ კგ} (13 \text{ მ/წმ} - 10 \text{ მ/წმ})$$

$$\Delta p = 15 \text{ კგ} \cdot \text{მ/წმ}$$

პასუხი: 10 კგ · მ/წმ; 5 კგ · მ/წმ

#### 4.23. იმპულსის მუდმივობის კანონი

##### გააზრება

1. $v$ - ?	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$
$m_1 = m_2 = m$	$v = \frac{m v_1}{2m}$
$v_1 = 15 \text{ მ/წმ}$	$v = \frac{v_1}{2}$
$v_2 = 0 \text{ მ/წმ}$	$v = 7,5 \text{ მ/წმ}$

პასუხი: 7,5 მ/წმ

2. $v_2$ - ?	$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 0$
$m_1 = 2 \text{ ტ} = 2000 \text{ კგ}$	$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0$
$m_2 = 20 \text{ კგ}$	$v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}$
$v_1 = 2 \text{ მ/წმ}$	$v_2 = \frac{2000 \text{ კგ} \cdot 2 \text{ მ/წმ}}{20 \text{ კგ}}$
	$v_2 = 200 \text{ მ/წმ}$

პასუხი: 200 მ/წმ

3. $v_1$ - ?	$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 0$
$m_1 = 800 \text{ გ} = 0,8 \text{ კგ}$	$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0$
$m_2 = 100 \text{ გ} = 0,1 \text{ კგ}$	$v_1 = \frac{m_2 v_2}{m_1}$
$v_2 = 20 \text{ მ/წმ}$	$v_1 = \frac{0,1 \text{ კგ} \cdot 20 \text{ მ/წმ}}{0,8 \text{ კგ}}$
	$v_1 = 2,5 \text{ მ/წმ}$

პასუხი: 2,5 მ/წმ

## საშინაო დავალება

1. $\Delta p$ - ?	მოძრაობა თანაბარია და
$t = 10$ წმ	იმპულსი არ იცვლება
$x_0 = 20$ მ	
$x = 60$ მ	

**პასუხი:** იმპულსი არ იცვლება

2. $m_2$ - ?	$0 = m_1 v_1 - m_2 v_2$
$m_1 = 100$ კგ	$m_1 v_1 = m_2 v_2$
$v_1 = 0,05$ მ/წმ	$m_2 = \frac{m_1 v_1}{v_2}$
$v_2 = 2$ მ/წმ	$m_2 = \frac{100 \text{ კგ} \cdot 0,05 \text{ მ/წმ}}{2 \text{ მ/წმ}}$
	$m_2 = 2,5$ კგ

**პასუხი:** 2,5 კგ

3. $p$ - ?	$s = \frac{v_0 + v}{2t}$
$m = 300$ კგ	$v = \frac{2s}{t} = \frac{2 \cdot 900 \text{ მ}}{60 \text{ წმ}}$
$s = 900$ მ	$v = 30$ მ/წმ
$t = 1$ წთ = 60 წმ	$p = mv = 300 \text{ კგ} \cdot 30 \text{ მ/წმ}$
$v_0 = 0$ მ/წმ	$p = 9000 \text{ კგ} \cdot \text{მ/წმ}$

**პასუხი:** 9000 კგ · მ/წმ



4.  $v_1 - ?$

$$\begin{aligned} m_1 &= 12 \text{ კგ} \\ m_2 &= 36 \text{ კგ} \\ v_0 &= 0 \text{ მ/წმ} \\ v_2 &= 1,8 \text{ მ/წმ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &= m_1 v_1 - m_2 v_2 \\ m_1 v_1 &= m_2 v_2 \\ v_1 &= \frac{m_2 v_2}{m_1} \\ v_1 &= \frac{36 \text{ კგ} \cdot 1,8 \text{ მ/წმ}}{12 \text{ კგ}} \\ v_1 &= 5,4 \text{ მ/წმ} \end{aligned}$$

**პასუხი:** 5,4 მ/წმ

5.  $v_3 - ?$

$$\begin{aligned} m_1 &= 1 \text{ კგ} \\ m_2 &= 1,5 \text{ კგ} \\ m_3 &= 2 \text{ კგ} \\ v_1 &= 400 \text{ მ/წმ} \\ v_2 &= 200 \text{ მ/წმ} \end{aligned}$$

რადგან დედამინის მიზიდულობის ძალა ნაკლებია აფეთქებით წარმოქმნილ აირების წნევის ძალაზე, რომელმაც გამოიწვია ჭურვის გახეთქვა, ჭურვი შეიძლება ჩავთვალოთ ჩაკეტილ სისტემად. ამიტომ ჭურვისთვის შეგვიძლია გამოვიყენოთ იმპულსის მუდმივობის კანონი. რადგან აფეთქება მოხდა ტრაექტორიის უმაღლეს წერტილში, ყველა გახლეჩილი ნაწილის იმპულსების ჯამი უნდა იყოს ნულის ტოლი. აქედან გამომდინარე, იმპულსების ჯამი იქნება იმ სამკუთხედის ჰიპოტენუზის ტოლი, რომლის გვერდებს შეადგენენ ეს იმპულსები. ამოცანის პირობის თანახმად, ჰიპოტენუზა იქნება უცნობი სიჩქარის მქონე ნაწილის იმპულსი.

$$\vec{p}_3^2 = \vec{p}_1^2 + \vec{p}_2^2$$

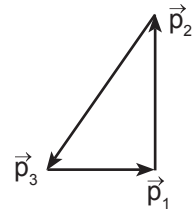
$$p_3^2 = p_1^2 + p_2^2$$

$$p_1 = m_1 v_1; \quad p_2 = m_2 v_2; \quad p_3 = m_3 v_3.$$

$$m_3 v_3^2 = (m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2$$

$$v_3 = \frac{\sqrt{(m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2}}{m_3} = \frac{\sqrt{(1 \cdot 400)^2 + (1,5 \cdot 200)^2}}{2}$$

$$v_3 = 250 \text{ მ/წმ}$$



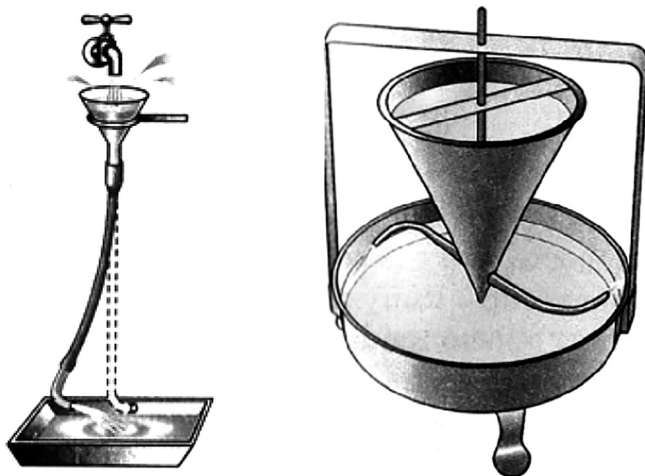
**პასუხი:** 250 მ/წმ

### იხვულსის მუდმივობის კანონი

რეაქტიული მოძრაობის დაკვირვებისთვის შესაძლოა მარტივი ცდის ჩატარება.

წყლის ონკანს წამოაცვით რეზინის მილი, რომლის ბოლოზე დაამაგრებთ სანრუპავ მილს მოლუნული ბოლოთი. ონკანის გახსნისას წყალი მილიდან გამოვა, მილი კი გადაიხრება წყლის ჭავლის სანიანალმდეგო მიმართულებით.

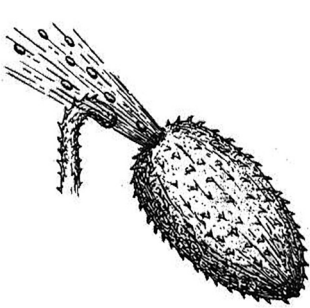
რეაქტიული მოძრაობის დემონსტრირება შესაძლებელია ხელსაწყოს საშუალებით, რომლის სახელწოდებაა სეგნერის ბორბალი და იგი სასკოლო ლაბორატორიებში მოიპოვება.



ხელსაწყო შედგება კონუსის ფორმის ჭურჭლისგან, რომელიც ეყრდნობა წვერით საყრდენს. ჭურჭლის წვეროსათან ორი, მოლუნული მილია ჩამაგრებული. ჭურჭელში ჩასხმული წყალი მილებიდან გამოდის ურთიერთსანიანალმდეგო მიმართულებით. ჭურჭელი იწყებს ბრუნვას წყლის ჭავლის გამოსვლის მიმართულების სანიანალმდეგოდ. ბორბლის ბრუნვის გამოიყენება შეიძლება ძრავის სახით, რომელიც ეფუძნება გამოსული წყლის რეაქტიულ მოქმედებას. მისი გამომგონებელია იოჰან ზეგნერი, გერმანელი მექანიკოსი, მათემატიკოსი და ექიმი, ლონდონის სამეფო საზოგადოების წევრი, ბერლინისა და პეტერბურგის აკადემიების წევრი (1704-1777).

## დამატებითი მასალა

რეაქტიული მოძრაობა აღმოჩენილია მცენარეთა სამყაროშიც. სამხრეთის ქვეყნებში იზრდება მცენარე, სახელწოდებით „ცოფიანი კიტრი“ (ქართულად „კიტრანას“ უწოდებენ), რომლის ნაყოფს წაგრძელებული ფორმა აქვს. იგი საჭმელად გამოუსადეგარი, შხამიანი მცენარეა, მაგრამ საინტერესოა იმით, რომ როცა მწიფდება, ნაყოფი იბერება. მასშია როგორც თესლები, ასევე ბლანტი სითხე. შეხებისას, ყუნწის მოძრობისთანავე, თესლები და სითხე ამოიტყორცნება და კიტრი სანინალმდეგო მხარეს იწყებს მოძრაობას.



## დამატებითი მასალა

### ალგორითმი ამოცანების ამოხსნაზე თემა იმპულსისის შენახვის კანონი

- ჩანერეთ მოკლედ ამოცანის პირობა;
- გააკეთეთ განმარტებითი ნახაზი, რომელზედაც გამოსახულია თითოეული სხეულის სიჩქარის ან იმპულსის მიმართულება ურთიერთქმედებამდე და ურთიერთქმედების შემდეგ;
- ჩანერეთ იმპულსის შენახვის კანონი ამ სისტემისთვის ვექტორული ფორმით;
- შეარჩიეთ კოორდინატთა ღერძი (ღერძები) და მოძებნეთ ვექტორების გეგმილები ამ ღერძზე (ღერძებზე);
- ჩანერეთ იმპულსის მუდმივობის კანონი სკალარული სახით;
- მიღებული განტოლება ამოხსენით უცნობი სიდიდის მიმართ;
- შეამოწმეთ ეთანადება თუ არა პასუხი რეალობას.

**დრეკადია დაჯახება,** როცა ურთიერთქმედების შემდეგ სხეულები იძენენ სიჩქარეებს, რომლებიც სხვადასხვა მხარეს არის მიმართული.

**არადრეკადია დაჯახება,** როცა სხეულები ურთიერთქმედების შემდეგ მოძრაობენ ერთად, როგორც ერთი მთლიანი.

#### 4.24. მექანიკური მუშაობა

##### გააზრება

მოსწავლე მსჯელობს სქემის მიხედვით მუშაობის შესახებ.

##### საშინაო დავალება

1. A - ?

$k = 40 \text{ კნ/მ} = 4 \cdot 10^4 \text{ ნ/მ}$	$A = \frac{k\Delta x^2}{2}$
$\Delta x = 0,5 \text{ სმ} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ მ}$	$A = \frac{4 \cdot 10^4 \text{ ნ/მ} \cdot (5 \cdot 10^{-3} \text{ მ})^2}{2}$
	$A = 0,5 \text{ ჯ}$

პასუხი: 5,4 მ/წმ

2.  $A_{\text{ბაბ}}$  - ?

$F = 25 \text{ ნ}$	$A = FScos\alpha$
$s = 20 \text{ მ}$	$A = 25 \text{ ნ} \cdot 20 \text{ მ} \cdot 0,87$
$\alpha = 30^\circ$	$A = 435 \text{ ჯ}$
$v = \text{const}$	$A_{\text{ბაბ}} = -A$
	$A_{\text{ბაბ}} = -435 \text{ ჯ}$

პასუხი: - 435 ჯ

#### 4.25. მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი

##### გააზრება

1.ა. მაქსიმალურ სიმაღლეზე დისკოს აქვს პოტენციური ენერგია. მისი დედამიწის მიზიდულობის გამო ქვევით დაშვებისას პოტენციური ენერგია მცირდება.

ბ. ქვევით მოძრაობისას დისკოს კინეტიკური ენერგია იზრდება.

გ. დონეზე დისკოს აქვს მინიმალური პოტენციური და მაქსიმალური კინეტიკური ენერგია.

დ. მაქსიმალური ქანქარა ჩერდება თოქსა და საკიდელს შორის ხახუნის არსებობის გამო. ამიტომ მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი ვერ სრულდება მექანიკური ენერგიის სითბურ ენერგიად გადასვლის გამო.

ე. თუ არ იარსებებდა ხახუნი და ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა, საქანი უსასრულოდ დიდხანს იმოძრაებდა მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად.

2. ერთი ბურთულის  $h$  სიმაღლეზე გადახრისა და ხელის გაშვების შედეგად ბურთულა იძენს სიჩქარეს. სხვა ბურთულებთან დაჯახების მომენტში მისი იმპულსი იქნება  $p=mv$ , სადაც  $v = \sqrt{2gh}$ . დაჯახების შედეგად ბოლო ბურთულა იმავე სიმაღლეზე გადაიხრება, რაც ნიშნავს, რომ მას იგივე სიჩქარე მიენიჭა. ბურთულების მასებისა და სიჩქარეების ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ სისტემის იმპულსი ურთიერთქმედებამდე და ურთიერთქმედების შემდეგ ერთმანეთის ტოლია. მაშასადამე, ჩაკეტილი სისტემის იმპულსი მუდმივი სიდიდეა. ბურთულის  $h$  სიმაღლეზე გადახრისას ის იძენს პოტენციურ ენერგიას, ე.ი. სისტემის მექანიკური ენერგია გახდა  $E=mgh$  (ნულოვან დონედ მივიჩნიოთ ბურთულების საწყისი მდებარეობა). რადგან ბოლო ბურთულა იმავე სიმაღლეზე გადაიხრება, სისტემის საბოლოო ენერგია ისევ იქნება  $E=mgh$ . აქედან ვასკვნით, რომ სისტემის სრული ენერგია არ შეცვლილა, დარჩა მუდმივი. ეს ადასტურებს მექანიკური ენერგიის შენახვის კანონს. ანალოგიურად შეიძლება მსჯელობა ბ, გ, და დ შემთხვევებისთვის (ხახუნი და ჰაერის წინააღმდეგობა უგულებელყოფილია).

**შენიშვნა:** ადამიანები ცდილობენ შექმნან მუდმივი ძრავა, მაგრამ ბუნების კანონების თანახმად ეს შეუძლებელია.

<p>3. <math>u_2' - ?</math></p> <p><math>m_1 = 10 \text{ კგ}</math>  <math>u_1 = 5 \text{ მ/წმ}</math>  <math>m_2 = 5 \text{ კგ}</math>  <math>u_2 = 4 \text{ მ/წმ}</math>  <math>u_1' = 3 \text{ მ/წმ}</math></p>	$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 u_1' + m_2 u_2'$ $m_1 u_1 - m_2 u_2 = -m_1 u_1' + m_2 u_2'$ $m_2 u_2' = m_1 u_1' - m_2 u_2 + m_1 u_1$ $u_2' = \frac{m_1 u_1' - m_2 u_2 + m_1 u_1}{m_2}$ $u_2' = \frac{10 \cdot 5 - 5 \cdot 4 + 10 \cdot 3}{5}$ $u_2' = 12 \text{ მ/წმ}$
--	--

პასუხი: 12 მ/წმ

**საშინაო დავალება**

<p>1. <math>x - ?</math></p> <p><math>u = 2 \text{ მ/წმ}</math>  <math>m = 4 \cdot 10^4 \text{ კგ}</math>  <math>k = 2,25 \cdot 10^6 \text{ ნ/მ}</math></p>	$mu^2 = \frac{kx^2}{2}$ $x = \sqrt{\frac{mu^2}{k}}$ $x = 0,13 \text{ მ} = 13 \text{ სმ}$
---	--

პასუხი: 13 სმ

2.  $h - ?; \frac{Q}{E_{\text{კბ1}}}$

$m_1 = 150 \text{ გ} = 0,15 \text{ კგ}$   
 $m_2 = 50 \text{ გ} = 0,05 \text{ კგ}$

$v_{01} = 0 \text{ მ/წმ}$

$v_{02} = 2 \text{ მ/წმ}$

ძელაკის და ბურთულას დაჯახება არადრეკადია, რადგან პლასტილინის ბურთულა მიეწება ძელაკს. ამ შემთხვევაში სრულდება იმპულსის მუდმივობის კანონი, მაგრამ არ სრულდება მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი, რადგან ენერგიის ნაწილი გარდაიქმნება შინაგან (სითბურ) ენერგიად.

იმპულსის მუდმივობის კანონის თანახმად:

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = (m_1 + m_2) \vec{v} \quad (1)$$

სადაც  $v$  არის ძელაკისა და ბურთულის სიჩქარე დაჯახების შემდეგ.

საკოორდინატო ღერძი მივმართოთ პლასტილინის ბურთულის მოძრაობის მიმართულებით, მაშინ გეგმილებისთვის მივიღებთ:

$$m_2 v_{02} = (m_1 + m_2) v \quad (2)$$

საიდანაც:

$$v = \frac{m_2 v_{02}}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად:

$$\frac{m_2 v_{02}}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v}{2} + Q \quad (4)$$

$Q$  არის მექანიკური ენერგიის ის ნაწილი, რომელიც სითბურ ენერგიად გარდაიქმნა.

იმისათვის, რომ გამოვთვალოთ რა მაქსიმალურ სიმაღლეზე ავა ძელაკი და პლასტილინის ბურთულა დაჯახების შემდეგ, გამოვიყენოთ მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი:

$$\frac{(m_1 + m_2) v}{2} = (m_1 + m_2) gh \quad (5)$$

(პოტენციური ენერგიის ნულოვანი დონე არის ძელაკის საწყისი მდებარეობა). (5)-დან მივიღებთ:

$$h = \frac{m_2^2 v_{02}^2}{2(m_1 + m_2)^2 g} \quad (6)$$

$h = 1,25 \text{ სმ}$

$$\frac{Q}{E_{\text{კბ1}}} = \frac{3}{4}$$

პასუხი: 125 სმ; 3/4

4.26. ამოცანების ამოხსნა

3.  $p_2 / p_1 - ?$

$$\begin{aligned} m &= 2 \text{ კგ} \\ E_{j1} &= 400 \text{ ჯ} \\ E_{j2} &= 900 \text{ ჯ} \end{aligned}$$

$$E_{j1} = \frac{mv_1^2}{2}; E_{j2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \sqrt{\frac{E_{j2}}{E_{j1}}}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 1,5$$

პასუხი: 1,5-ჯერ გაიზარდა

4.  $v_1' - ?$

$$\begin{aligned} m_1 &= 10 \text{ კგ} \\ m_2 &= 40 \text{ კგ} \\ v_1 &= 1 \text{ მ/წმ} \\ v_2 &= 1 \text{ მ/წმ} \end{aligned}$$

$$(m_1 + m_2) v_1 = m_1 v_1' - m_2 v_2$$

$$v_1' = \frac{(m_1 + m_2) v_1 + m_2 v_2}{m_1}$$

$$v_1' = \frac{50 \text{ კგ} \cdot 1 \text{ მ/წმ} + 40 \text{ კგ} \cdot 1 \text{ მ/წმ}}{10 \text{ კგ}}$$

$$v_1' = 9 \text{ მ/წმ}$$

პასუხი: 9 მ/წმ

5.  $v - ?$

$$\begin{aligned} m_1 &= 6 \text{ კგ} \\ m_2 &= 2 \text{ კგ} \\ v_1 &= 2 \text{ მ/წმ} \end{aligned}$$

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v$$

$$v = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$$v = \frac{6 \text{ კგ} \cdot 2 \text{ მ/წმ}}{6 \text{ კგ} + 2 \text{ კგ}}$$

$$v = 1,5 \text{ მ/წმ}$$

პასუხი: 1,5 მ/წმ

6.  $v$  - ?

$$m_1 = 20 \text{ ტ} = 20 \cdot 10^3 \text{ კგ}$$

$$m_2 = 30 \text{ ტ} = 30 \cdot 10^3 \text{ კგ}$$

$$v_1 = 0,3 \text{ მ/წმ}$$

$$v_2 = 0,2 \text{ მ/წმ}$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v = \frac{20 \cdot 10^3 \text{ კგ} \cdot 0,3 \text{ მ/წმ} + 30 \cdot 10^3 \text{ კგ} \cdot 0,2 \text{ მ/წმ}}{20 \cdot 10^3 \text{ კგ} + 30 \cdot 10^3 \text{ კგ}}$$

$$v = 0,24 \text{ მ/წმ}$$

პასუხი: 0,24 მ/წმ

7.  $E_j$  - ?

$$m_1 = 500 \text{ გ} = 0,5 \text{ კგ}$$

$$m_2 = 100 \text{ გ} = 0,1 \text{ კგ}$$

$$v_1 = 0,6 \text{ მ/წმ}$$

$$v_2 = 0 \text{ მ/წმ}$$

$$E_j = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$v = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$$v = \frac{0,5 \text{ კგ} \cdot 0,6 \text{ მ/წმ}}{0,5 \text{ კგ} + 0,1 \text{ კგ}}$$

$$v = 0,5 \text{ მ/წმ}$$

$$E_j = \frac{0,5 \text{ კგ} + 0,1 \text{ კგ} \cdot (0,5 \text{ მ/წმ})^2}{2}$$

$$E_j = 0,075 \text{ ჯ}$$

პასუხი: 0,075 ჯ

8.  $v_1$  - ?

$$m_1 = 1 \text{ კგ}$$

$$h = 20 \text{ მ}$$

$$h = 10 \text{ მ}$$

$$mgh = mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{2g(h - h_1)}$$

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2 (20 \text{ მ} - 10 \text{ მ})}$$

$$v_1 = 14,1 \text{ მ/წმ}$$

პასუხი: 14,1 მ/წმ

9.  $\Delta p$  - ?

$$m = 100 \text{ გ} = 0,1 \text{ კგ}$$

$$v = 20 \text{ მ/წმ}$$

$$\Delta p = m \Delta v$$

$$\Delta v = 20 \text{ მ/წმ} - (-20 \text{ მ/წმ}) = 40 \text{ მ/წმ}$$

$$\Delta p = 0,1 \text{ კგ} \cdot 40 \text{ მ/წმ}$$

$$\Delta p = 4 \text{ კგ} \cdot \text{მ/წმ}$$

პასუხი: 4 კგ·მ/წმ



10.  $\Delta E$  - ?

$$v_0 = 19,6 \text{ მ/წმ}$$

$$m = 1 \text{ კგ}$$

$$t = 2 \text{ წმ}$$

$$g = 9,8 \text{ მ/წმ}^2$$

$$v = v_0 - gt$$

$$v = 0$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\Delta E = mgh = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\Delta E = 192 \text{ ჯ}$$

პასუხი: 192 ჯ

11.  $v$  - ?

$$m_1 = 60 \text{ კგ}$$

$$v_1 = 6 \text{ მ/წმ}$$

$$m_2 = 20 \text{ კგ}$$

$$v_2 = 2 \text{ მ/წმ}$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v = \frac{60 \text{ კგ} \cdot 6 \text{ მ/წმ} + 20 \text{ კგ} \cdot 2 \text{ მ/წმ}}{60 \text{ კგ} + 20 \text{ კგ}}$$

$$v = 5 \text{ მ/წმ}$$

პასუხი: 5 მ/წმ

12.  $F$  - ?

$$\Delta m = 10 \text{ კგ}$$

$$v = 3 \text{ კმ/წმ}$$

$$F = \frac{\Delta p}{t} = \frac{v \Delta m}{t}$$

$$F_{\text{გვ}} = F = 30 \text{ კნ}$$

პასუხი: 30 კნ

13.  $s$  - ?

$$M = 70 \text{ კგ}$$

$$m = 800 \text{ გ} = 0,8 \text{ კგ}$$

$$v = 0$$

$$v_1 = 14 \text{ მ/წმ}$$

$$\mu = 0,02$$

$$A_b = F_b \cdot s = \mu Mg \cdot s$$

$$\Delta E_{\text{კინ}} = A_b$$

$$\frac{M v_2^2}{2} = \mu Mg \cdot s$$

$$s = \frac{v_2^2}{2\mu g}$$

$$M v_2 = M v_1, v_2 = \frac{m}{M} \cdot v_1$$

$$s = \frac{m^2 v_1^2}{2\mu g M^2} = \frac{(0,8 \text{ კგ})^2 \cdot (14 \text{ მ/წმ})^2}{2 \cdot 0,02 \cdot 10 \text{ მ/წმ}^2 \cdot (70 \text{ კგ})^2}$$

$$s = 0,064 \text{ მ}$$

პასუხი: 0,064 მ

## 4.27. შემაჯამებელი გაკვეთილი

I.

1. ბუშტიდან ჰაერის გამოსვლამდე, გახვრეტამდე, სისტემის იმპულსი ნულის ტოლია. იმპულსის მუდმივობის კანონის თანახმად, სისტემის იმპულსი ბუშტიდან ჰაერის გამოსვლის შემდეგაც ნულის ტოლი უნდა იყოს. რადგან ჰაერის ნაკადის იმპულსი მიმართულია ერთ მხარეს, მანქანის იმპულსი მისი ტოლი და საწინააღმდეგოდ იქნება მიმართული.
2. ვინაიდან ბუშტიდან გამოსული ჰაერის ნაკადი და ბუშტი/მანქანა ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობენ, ამიტომ მათი მოძრაობა რეაქტიული მოძრაობაა.
3. ნიუტონის მესამე კანონის თანახმად, ქმედება ინვევს უკუქმედებას, რის გამოც ურთიერთქმედი სხეულები ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მოძრაობენ.
4. რაკეტიდან საწვავის ნაწილის გამოსვლის შედეგად რაკეტა მის საწინააღმდეგოდ მოძრაობს.
5. რაკეტისა და საწვავის იმპულსი აფრენამდე ნულის ტოლია. იმპულსის მუდმივობის კანონის თანახმად, აფრენისასაც უნდა იყოს ნულის ტოლი, შედეგად რაკეტა და საწვავის ნაწილი ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მოძრაობენ.
6. საწვავის შინაგანი ენერგია რაკეტისა და საწვავის ნაწილის კინეტიკურ ენერგიად გარდაიქმნება.
7. რვაფეხები, კალმარები და მოლუსკები წყლის ჭავლს გამოაფრქვევენ, თვითონ კი საწინააღმდეგო მხარეს მოძრაობენ.

II.

1 – ბ; 2 – ვ; 3 – ე; 4 – ზ; 5 – დ; 6 – ა; 7 – გ.

III.

1. ორივე ათვლის სისტემა ინერციულია, რადგან აჩქარება ნულის ტოლია.
2. ანასთან დაკავშირებული სისტემა ისევ ინერციულია, ხოლო კახასთან დაკავშირებული ათვლის სისტემა არაინერციულია, რადგან ის აჩქარებულად მოძრაობს.
3. არაინერციულ სისტემაში ბურთმა შეიძინა აჩქარება, მიუხედავად იმისა, რომ მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია.
4. ბურთულა ამოძრავდა ინერციის მოვლენის გამო.

5. ბურთულა ამოძრავდა აჩქარების საწინააღმდეგო მიმართულებით.  
6. ბურთულის არაინერციულ სისტემაში აჩქარებულად ამოძრავება ადასტურებს, რომ ნიუტონის კანონები სამართლიანია მხოლოდ ათვლის ინერციულ სისტემებში.

#### IV

ა. 6006; ბ. 588; გ. 6126; დ. 0

#### V

1 – ე; 2 – დ; 3 – ა; 4 – ვ; 5 – ზ; 6 – ბ; 7 – გ; 8 – ა.

#### VI

რეტრანსლატორებს იყენებენ სატელევიზიო, სატელეფონო, ინტერნეტ-კომუნიკაციებისთვის.

#### VII

- ა. ხომალდის ტრაექტორია წრენირია ან ელიფსი და იგი დედამიწის თანამგზავრია.  
ბ. ხომალდის ტრაექტორია განწელილი ელიფსია და იგი მთვარის თანამგზავრი შეიძლება გახდეს.  
გ. ხომალდის ტრაექტორია არის პარაბოლა და ხომალდი გადის დედამიწის მიზიდულობის ველიდან.  
დ. ხომალდის ტრაექტორია არის ჰიპერბოლა და ხომალდს შეუძლია მზის სისტემის დატოვება.

**სასწავლო ვიდეოები ქართული გახმოვანებით**

<https://bit.ly/2RcD4IK>

<https://bit.ly/34Clx9K>

<https://bit.ly/3ibJ7Ck>

<https://bit.ly/34CHQMH>

<https://bit.ly/3ce55kl>

<https://bit.ly/3icP4P9>

<https://bit.ly/3flJ5jv>

სამყაროში მიმდინარე მოვლენებისა და პროცესების შესწავლისას მეცნიერები ხშირად იყენებენ მოდელირების მეთოდს. მოდელირება სინამდვილის ასახვა ან მისი ხელახალი წარმოდგენაა სხვადასხვა ხერხით. ფიზიკაში, ცნების – „ფიზიკის კანონის“ ასახვისთვის იყენებენ რეალური პროცესების ან სხეულების მიახლოებით მოდელს. მოდელის დამახასიათებელი თავისებურებაა შესასწავლ ობიექტზე წარმოდგენის გამარტივება. ამიტომ ყველა მოდელური წარმოდგენა არის ობიექტთან მიახლოებული ნიმუში, რომელიც მიღებულია მოდელირების საფუძველზე. ზოგადად, მოდელირება განისაზღვრება, როგორც უშუალოდ შემეცნების მეთოდი. მოდელირებით შესასწავლ მოვლენაზე ინფორმაციის მისაღებად იკვლევენ ორიგინალის დამხმარე ობიექტს (მოდელს), რომელსაც აქვს გარკვეული შესაბამისობა შესასწავლ ობიექტთან (ორიგინალთან). იგი ცვლის ორიგინალს მისი კვლევის გარკვეულ ეტაპზე. ფიზიკაში მოდელის ქვეშ იგულისხმება მოვლენაზე წარმოდგენების გარკვეული სისტემისა და იდეების საფუძველზე შექმნილი ზოგადი სურათი. იგი აბსტრაქტული აზროვნებისა და მათემატიკური ენის დახმარებით გვეხმარება გავიგოთ და აღვწეროთ ის, რისი შესწავლაც ხდება მოცემულ კონკრეტულ მაგალითზე. განვიხილოთ ზოგიერთი ფიზიკური მოდელი, რომელიც გამოიყენება სხეულთა ურთიერთკავშირისა და ბუნების მოვლენების შეცნობისთვის. მაგალითად, ნივთიერი წერტილი. ნიუტონის კანონები, რომლებიც სამართლიანია მხოლოდ ნივთიერი წერტილებისთვის; იდეალური აირი. აირის კანონები, რომლებიც სამართლიანია იდეალური აირისთვის. აბსოლუტურად მყარი სხეული და სხვა ფიზიკური მოდელებია.

ფიზიკაში მოდელირებისათვის გამოყოფენ შემდეგ ეტაპებს:

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

ფიზიკის კანონების მოდელის სახით წარმოდგენასას: რომელიმე სხეულის (პროცესის) ექსპერიმენტული შესწავლის საფუძველზე გამოითქმის ჰიპოთეზა მისი შინაგანი აგებულების, თვისებების, ურთიერთქმედებების განსაკუთრებული ნიშნების შესახებ. თუ ჰიპოთეზა სწორად ასახავს

შესასწავლი ობიექტის თვისებებს, რომელიც ადრე არ იყო ცნობილი, ის გარდაიქმნება თეორიაში ან კანონში, რომელსაც კვლავ შემოწმება სჭირდება.

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

მატერიალური მოდელებისგან განსხვავებით, იდეალურ მოდელებს არ აქვთ მატერიალური საფუძველი, ისინი კონსტრუირდებიან ადამიანის გონებაში. მათ აფიქსირებენ სურათების საშუალებით, გარკვეული სიმბოლოებით (ნიშნებით), მათემატიკური სიმბოლოებით ან უშუალოდ აღწერენ სიტყვებით. ასეთ მოდელებზე მოქმედებები, მათი ელემენტების ურთიერთკავშირი ხორციელდება ადამიანის აზროვნებაში ფორმალურ-ლოგიკურად, ფიზიკის კანონებისა და წესების მიხედვით. მაგალითად, მოვლენები, რომლებიც მიმდინარეობს იდეალურ აირში, ატომში და ატომის გულში მიმდინარე პროცესები და სხვ.

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

ფიზიკური მოდელირება, როგორც უკვე აღინიშნა, არ არის რომელიმე ობიექტის ან მოვლენის კოპირება. ეს არის გარკვეული აბსტრაქცია, რომელშიც მხედველობაში მიიღება საკვლევე ფიზიკური პრობლემისა ან სისტემის ყველაზე მნიშვნელოვანი, დამახასიათებელი ნიშნები. ფიზიკური მოდელები საკმარისად კორექტულად აღწერენ სამყაროში მიმდინარე მოვლენებს, ისინი დინამიკურია, თანდათან იხვეწება და ვითარდება.

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

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

## ფიზიკის ამოცანების ამოხსნის მათემატიკური მეთოდები

**ანალიზური მეთოდი** მოითხოვს პროცესისა და პარამეტრების ცვლილების გაანალიზებას და თანაფარდობების მიღებას რიცხვითი მნიშვნელობების გარეშე.

**გრაფიკულ მეთოდს** ახასიათებს პროცესის გათვალისწინება. ისინი ხშირად მარტივია, ყოველთვის არ მოითხოვს ზუსტი რიცხვითი მონაცემების გამოსახვას. ამიტომ ისინი ხშირად გამოიყენება მარტივი მოდელირებისთვის.

ყველაზე ზოგადია **რიცხვითი მეთოდი**. რიცხვითი გამოთვლების სქემა მოითხოვს ფორმულისა და ალგორითმის ცოდნას.

## ფიზიკის ფორმული ფორმის სწავლება

ფიზიკის სწავლება ეყრდნობა რამდენიმე ფუნდამენტურ ცნებას, რომლებიც მოსწავლეებს გაკვეთილის ლექციური წარმართვისას (ზეპირი საუბრისას) შესასწავლ მასალასთან დაკავშირებით შეიძლება მიეწოდოს.

**მექანიკა** (ბერძნული სიტყვა, მანქანების აგების ხელოვნება) — არის ფიზიკის ნაწილი, მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის მატერიალური სხეულების მოძრაობას და ურთიერთქმედებას მათ შორის.

**მექანიკური სისტემა** – მატერიალური წერტილების (სხეულების) ერთობლიობა, რომელთა მოძრაობა დაკავშირებულია ერთმანეთთან. მექანიკური სისტემები ურთიერთქმედების ხასიათის მიხედვით იყოფიან ჩაკეტილ (**იზოლირებულ**) და ღია (**არაჩაკეტილ**) სისტემებად. დროში თვისებების ცვლილების მიხედვით – სტატიკურ და დინამიკურ სისტემებად.

**გარეშე ძალები** – ურთიერთქმედების ძალები სხეულებთან, რომლებიც არ შედიან მოცემულ მექანიკურ სისტემაში.

**შიგა ძალები** – ურთიერთქმედების ძალები სისტემაში შემავალ სხეულებს შორის.

ერთ-ერთი ცენტრალური ცნებაა ფიზიკური სისტემა.

**ფიზიკური სისტემა** არის ფიზიკური ობიექტების ერთობლიობა. ამასთან ერთად, ერთი ფიზიკური ობიექტიც შეიძლება შეადგენდეს ფიზიკურ სისტემას. ფიზიკური მოვლენების შესწავლა დაკავშირებულია რომელიმე ფიზიკური სისტემის გამოკვლევასთან. **ფიზიკური სისტემის გამოკვლევა** არის ფიზიკური სიტუაციის ანალიზის დასაწყისი.

ფიზიკური პროცესებისა და ობიექტების დასახასიათებლად განიხილავენ სხვადასხვა ფიზიკურ სიდიდეს.

მნიშვნელოვანია აგრეთვე ცნება **ფიზიკური სისტემის მდგომარეობის** შესახებ. თუ ფიზიკური სისტემა შედგება ერთი ნაწილაკისგან, მისი ფიზიკური მდგომარეობა სამგანზომილებიან კოორდინატთა სისტემაში მოძრაობისას ხასიათდება ექვსი სიდიდით: სამი კოორდინატით ( $X, Y, Z$ ) და სამი სიჩქარით ( $VX, VY, VZ$ ).

ფიზიკური სისტემის ობიექტები დაკავშირებულია როგორც ერთმანეთთან, ისე გარეშე ობიექტთან. ეს ყოველმხრივი კავშირი ვლინდება ფიზიკური ობიექტების ურთიერთქმედებაში. ფიზიკაში **ცნობილია ურთიერთქმედების ოთხი სახე: ძლიერი, სუსტი, ელექტრომაგნიტური და გრავიტაციული**. საშუალო სკოლაში განიხილავენ მხოლოდ ელექტრომაგნიტურ და გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას, რომელიც მათ შორის ყველაზე სუსტი ურთიერთქმედებაა.

ფიზიკური ობიექტების (სხეულების) ურთიერთქმედება ცვლის ფიზიკური სისტემის მდებარეობას ან მდგომარეობას.

**ფიზიკური სისტემის მდებარეობის ან მდგომარეობის ცვლილებას უწოდებენ ფიზიკურ მოვლენას**. ფიზიკური მოვლენა ხასიათდება რომელიმე ფიზიკური სიდიდის ცვლილებით. ფიზიკური სიდიდეების ურთიერთდამოკიდებულებას და მათ აუცილებელ და უცვლელ კავშირს ასახავს **ფიზიკის კანონები**. ფიზიკის კანონების გამოყენებისას მხედველობაში მიიღება: **კანონის გამოყენების პირობები (გამოყენების საზღვრები) და კანონის გამოყენების მეთოდი**.

**ყოველი ფიზიკური კანონი სამართლიანია გარკვეულ პირობებში**. ყველა შეზღუდვის ერთობლიობას ეწოდება ფიზიკური კანონის გამოყენების საზღვრები (პირობები). მაგალითად, ნიუტონის მეორე კანონი  $F = ma$  სამართლიანია, თუ დაცულია შემდეგი პირობები: სხეულის მოძრაობა განიხილება ინერციული ათვლის სისტემის მიმართ; სხეული განიხილება, როგორც ნივთიერი წერტილი; სხეულის მასა მუდმივია, სიჩქარე გაცილებით ნაკლებია სინათლის სიჩქარეზე ვაკუუმში. ამ პირობებიდან რომელიმეს დარღვევისას ეს კანონი აღარ იქნება სამართლიანი, მისი გამოყენება მიზანშეუწონელია.

**ყოველი ფიზიკური კანონის გამოყენებისას არსებობს მისი გამოყენების მეთოდი (ალგორითმი)**. მაგალითად, ნიუტონის კანონის  $F = ma$  გამოყენებისას აუცილებელია შემდეგი მოქმედებების თანმიმდევრობის შესრულება:

1) განიხილება სრულდება თუ არა ამ კანონის გამოყენების პირობები (ერთის დარღვევისასაც კი მისი გამოყენება არ შეიძლება).

2) უნდა აირჩეს ათვლის სისტემა, რომლის მიმართ განიხილება მოცემული სხეულის მოძრაობა.

3) უნდა მოიძებნოს ამ სხეულზე მოქმედი ყველა ძალა და გამოითვალოს ამ ძალების ტოლქმედი (ფორმულაში შემავალი  $F$  ძალა არის სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი).

4) ტოლქმედი ძალის გამოთვლისას სხეულზე მოქმედი ყველა ძალა უნდა დაგეგმილდეს კოორდინატთა ღერძებზე და შეიკრიბოს ალგებრულად.

5) თუ მოძრაობა სამგანზომილებიანია, მაშინ უნდა შედგეს სამი განტოლება, თითოეული განზომილებისთვის თითო განტოლება.

6) თუ მოძრაობა მხოლოდ  $Ox$  ღერძის გასწვრივაა, მაშინ ერთი განტოლებაა:  $F = ma_x$ .



## შეფასებები IX კლასში

### განმსაზღვრელი და განმავითარებელი შეფასება კლასში

1. შეფასება შეიძლება იყოს: განმსაზღვრელი და განმავითარებელი.
2. განმსაზღვრელი შეფასება ადგენს მოსწავლის მიღწევის დონეს საგნობრივი სასწავლო გეგმის შედეგებთან მიმართებაში.
3. განმავითარებელი შეფასება ადგენს თითოეული მოსწავლის განვითარების დინამიკას და მიმართულია სწავლის ხარისხის გაუმჯობესებაზე.

### განმსაზღვრელი და განმავითარებელი შეფასებების აღწერილობა

	განმავითარებელი	განმსაზღვრელი
მიზნები	სწავლის ხარისხის გაუმჯობესება; მოსწავლის წინსვლისა და განვითარების ხელშეწყობა.	მოსწავლის აკადემიური მიღწევის დონის დადგენა საგნობრივი სასწავლო გეგმის შედეგებთან მიმართებაში.
ამოცანები	ცოდნის კონსტრუირებისა და ცოდნათა ურთიერთდაკავშირების პროცესის შეფასება; წინარე ცოდნის/წარმოდგენების დადგენა; მოსწავლის მიერ თავისივე ძლიერი და სუსტი მხარეების დადგენის უნარის შეფასება; მოსწავლის მიერ საკუთარი წინსვლის ხელშეწყობად გააზრებული ნაბიჯების გადადგმის უნარის შეფასება; ცოდნის სამივე კატეგორიის ათვისების პროცესის შეფასება; ცოდნის ერთობლიობათა ფუნქციურად გამოყენების უნარის შეფასება.	ცოდნათა ურთიერთდაკავშირების უნარის შეფასება; ცოდნის სამივე კატეგორიის გამოყენების უნარის შეფასება; ცოდნის ერთობლიობათა ფუნქციურად გამოყენების უნარის შეფასება.

<b>წარმატების კრიტერიუმი</b>	განხორციელებული წინსვლა წინარე შედეგებთან/ წინარე დონესთან შედარებით.	მიღწევის დონე საგნობრივი სასწავლო გეგმის მოთხოვნებთან შედარებით
<b>შემფასებელი და შეფასების ფორმები</b>	მასწავლებელი: ზეპირსიტყვიერი ან წერილობითი უკუკავშირი, წამახალისებელი მითითებები, სიმბოლური ნიშნები და ა.შ.. მოსწავლეები: თვითშეფასებით; ურთიერთშეფასებით.	მასწავლებელი: ქულა (შეიძლება ახლდეს კომენტარი ძლიერი და სუსტი მხარეების აღწერით, ხარვეზების გამოსასწორებელი მითითებებით).

# ინსტრუქციური ბაკვეთირის ელემენტები

## 1. პროექტები

პროექტებზე მუშაობა მოსწავლეებისაგან მოითხოვს: შემოქმედებით მიდგომას, ხელს უწყობს დაგროვილი ცოდნის გააქტიურებას; ემყარება ბავშვების მიერ სხვადასხვა სასკოლო საგანში მიღებული ცოდნის ურთიერთდაკავშირებას და უყალიბებს მათ:

- პრობლემის ანალიზის,
- მიზნების ჩამოყალიბების,
- მიზნის შესაბამისი ამოცანების დასახვის,
- ამოცანების გადაჭრის,
- ამოცანების გადასაჭრელად შესაბამისი ქმედებებისა და რესურსების შერჩევის,
- ცოდნის შემოქმედებითად გამოყენების,
- ურთიერთთანამშრომლობის,
- სამუშაოს დროში განაწილების,
- შეფასების უნარ-ჩვევებს.

პროექტის თემის შესარჩევად მასწავლებელმა ეროვნული სასწავლო გეგმიდან უნდა გამოეყოს პრობლემური საკითხი, რომელზეც ინერება პროექტი.

### გთავაზობთ პროექტის შედგენის სქემას

- ა. პრობლემის ანალიზი – გულისხმობს სიტუაციის ანალიზს;
- ბ. პრობლემის განსაზღვრა – იმ პრობლემის ხაზგასმას, რომლის საპასუხოდაც არის მიმართული პროექტი.
- გ. მიზანი – ეს არის მოკლედ ჩამოყალიბებული ის, თუ რისი მიღწევა გსურთ.
- დ. ამოცანები – გულისხმობს კონკრეტულ ნაბიჯებს მიზნის მისაღწევად.
- ე. განხორციელების გზები – ეს არის კიდევ უფრო კონკრეტული ნაბიჯები დასმული ამოცანების შესასრულებლად. ეს გზები არის პროცესი, რომელმაც უნდა უპასუხოს კითხვებს:  
**1. როგორ? 2. ვინ?**
- ვ. სამუშაო გეგმა – ეს არის პროექტი, განერილი დროში.
- ზ. ბიუჯეტი – /რესურსები/ – ეს არის იმ რესურსების ჩამონათვალი,

რომელთა დახმარებითაც უნდა განხორციელდეს პროექტი.

**თ. შედეგები** – ყოველი ამოცანის გადაჭრის შემდეგ მიიღება კონკრეტული შედეგები. ის უნდა დავყოთ:

**1. რაოდენობრივი**

**2. თვისებრივი მაჩვენებლების მიხედვით.**

- ი. შეფასება – პროექტი უნდა შეფასდეს იმ კრიტერიუმებით, რომლებიც წინასწარ იქნება მასწავლებლის მიერ განსაზღვრული.

**მოსწავლის შეფასების სქემა**

I კრიტერიუმი	კარგად გამოკვეთილი მიზნები და ლოგიკური გადასვლა ერთი იდეიდან მეორეზე.	1 ქულა
II კრიტერიუმი	ზუსტი, მკაფიო და კორექტული ფაქტები. შესატყვისი თვალსაჩინოებები.	1 ქულა
III კრიტერიუმი	ენობრივი გამართულობა	1 ქულა
IV კრიტერიუმი	კვლევა არის დაგეგმილი. გამოყენებულია სხვადასხვა წყარო, ანალიზი სიღრმისეულია.	1 ქულა
V კრიტერიუმი	ჩანს სიახლე და ორიგინალური ხედვა	1 ქულა
VI კრიტერიუმი	დასკვნები ლოგიკურია, ჩანს კავშირი კვლევასთან და ისინი მკაფიოდაა ჩამოყალიბებული.	1 ქულა
VII კრიტერიუმი	პრეზენტაცია. ნათლად ჩამოყალიბებული არსი, მკაფიო მეტყველება, პასუხობს ყველა კითხვას.	1 ქულა

## პროექტის გეგმა

№ კვირა	შესასრულებელი საკითხები	შენიშვნა	თარიღი
	<p>დღე, თარიღი მოქმედების გეგმა</p>		
	<p>ბოლო კვირის მანძილზე:</p> <p>მოძიებული მასალების და ექსპერიმენტების შედეგების დამუშავება-ორგანიზება. კლასები მოაწყობენ საკუთარი ნამუშევრების გამოფენას მასწავლებლებისა და აღმზრდელების დახმარებით, წარადგენენ ნამუშევრებ მოაწყობენ პრეზენტაციებს</p> <p>პროექტის ელექტრონული ვარიანტის მომზადება პრეზენტაციისათვის.</p> <p>საინფორმაციო ბუკლეტების დამზადება</p> <p>პროექტის პრეზენტაცია სასკოლო სივრცეში და საინფორმაციო ბუკლეტების დარიცხვა.</p>		

## 2. შეკითხვათა სახეები

სასწავლო მიზნიდან გამომდინარე, საგაკვეთილო პროცესში ძალიან მნიშვნელოვანია სხვადასხვა სახის კითხვების დასმა, რაც მოსწავლეებს უვითარებს:

- საკომუნიკაციო,
- ლოგიკური აზროვნების,
- ანალიტიკური აზროვნების,
- მოსმენისა და პასუხის გაცემის უნარ-ჩვევას.

შეკითხვა შეიძლება იყოს ღია და დახურული.

დახურული კითხვა მოითხოვს მხოლოდ „დიახ“ ან „არა“ პასუხს. ამგვარი კითხვა თავისთავად შეიცავს პასუხს, რომელსაც ან უნდა დაეთანხმო, ან არა. დახურული კითხვა ძირითადად გამოიყენება ფაქტობრივი ცოდნის შესამოწმებლად, ანუ ორიენტირებულია ფაქტობრივ ცოდნაზე. ღია შეკითხვა არ მოითხოვს ერთ კონკრეტულ პასუხს, ის ორიენტირებულია სწავლა/სწავლებაზე.

### გთავაზობთ კონკრეტულ მაგალითს

	დახურული ცოდნის შემოწმება	ღია სწავლა/სწავლება
1	რისგან შედგება ნივთიერება?	დაასახელე რომელიმე ნივთიერების შედგენილობა, მაგ., წყლის
2	რას გულისხმობენ ფიზიკურ მოვლენებში?	დაასახელე კონკრეტული ფიზიკური მოვლენა. რატომ ფიქრობ, რომ ეს ფიზიკური მოვლენაა?

### ღია შეკითხვები შეიძლება დავყოთ რამდენიმე ჯგუფად:

- 1. ჰიპოთეზური:** „რას იფიქრებ ან მოიმოქმედებ, თუ ...?“  
ასეთი შეკითხვები მოსწავლეებს ეხმარება წარმოსახვის უნარის განვითარებაში და მიმართავს მათ გონებას ფიქრისა და განსჯისაკენ.
- 2. განსჯითი:** „როგორ შეგვიძლია. ხელი შევუწყოთ ამ პრობლემის გადაჭრას?“
- 3. წამახალისებელი** — მხარდამჭერი: „საინტერესოა, რა მოხდა

შემდეგ?“ ეს შეკითხვა მოსწავლეს ეხმარება, შეძლოს თავისი შთაბეჭდილებისა და გამოცდილების გაზიარება.

4. **მასტიმულირებელი:** „რა აზრის ხარ...?“ ამით მასწავლებელი აგრძნობინებს მოსწავლეს, რომ მისი აზრი მნიშვნელოვანი და საინტერესოა.
5. **ანალიტიკური:** „რატომ ფიქრობ ასე?“ ეს შეკითხვა დასმული უნდა იყოს არა აგრესიული ან გამომცდელი ტონით, არამედ უნდა გამოხატავდეს მასწავლებლის ინტერესს; ხელს უწყობდეს ბავშვს, ჩაუფიქრდეს საკითხს, უფიქრებდეს მას ანალიზის, მსჯელობისა და საკუთარი აზრის დასაბუთების უნარს.
6. **შემაჯამებელი:** „თუ სწორად გავიგე, შენ ფიქრობ, რომ... ეს შეკითხვა გულისხმობს ბავშვების მოსაზრებების შეჯამებას და იმის შემონიშნებას, სწორად გაიგო თუ არა მათი ნააზრევი მასწავლებელმა. ამ დროს სხვა მოსწავლეებს კიდევ ერთხელ ეძლევათ საშუალება, გააანალიზონ მათი მეგობრის მოსაზრება, განსაზღვრონ, ეთანხმებიან თუ არა მას.
7. **შემათანხმებელი:** „ეთანხმებით თუ არა გამოთქმულ მოსაზრებას?“ ამ შეკითხვამ შესაძლოა, კამათის პროვოცირება გამოიწვიოს, ან პირიქით – დაასრულოს კამათი. პირველ შემთხვევაში მასწავლებელი უნდა ეცადოს კონსენსუსის მიღწევას ან, თუ ეს შეუძლებელია, დააფიქსიროს განსხვავებული აზრი და საკითხი ღიად დატოვოს. მეორე შემთხვევაში კი, შეკითხვით – „შეიძლება თუ არა, ეს საკითხი გარკვეულად ჩაითვალოს?“ – იგი ამთავრებს ერთ თემას და გადადის შემდეგზე.

## რეკომენდაციები შეფასებისთვის

შეგიძლიათ აირჩიოთ შეფასების შემდეგი კომპონენტები.

1. საშინაო დავალება;
2. საკლასო დავალებები;
3. შემაჯამებელი დავალება.

### რეკომენდაციები მოსწავლეთა თვითშეფასებისათვის

#### სასურველია მოსწავლეებს ვასწავლოთ:

- შეფასების კომპონენტებში შინაარსობრივი ნედრობა;
- შეფასების ცხრილების (რუბრიკების) შედგენაში მონაწილეობა;
- თვითშეფასების აქტივობების ხშირად განხორციელება;
- თანამშრომლობისა და ხდობის ატმოსფეროს შექმნა.

### რეკომენდაციები ჯგუფური მუშაობის შეფასებისთვის

<b>ჯგუფური მუშაობის შეფასების რუბრიკა</b>	
<b>მოსწავლეთა აქტივობა</b>	<b>ქულათა რაოდენობა</b>
ჯგუფის ყველა წევრი ჩართულია	1
ჯგუფის წევრები უსმენენ ერთმანეთს	2
ჯგუფის წევრები თანამშრომლობენ	2
ჯგუფი პრეზენტაციას წარმოადგენს	2
ჯგუფი პასუხობს შეკითხვებს	2
ჯგუფი იცავს დროის ლიმიტს	1



შეფასება საბუნებისმეტყველო საბნებში

რას ითვალისწინებს შეფასების თითოეული კომპონენტი საბუნებისმეტყველო საგნებში:

**1. საშინაო დავალება.**

**დავალების ტიპები:** საშინაო ექსპერიმენტი, დაკვირვება ობიექტებსა და პროცესებზე, ინფორმაციის მოძიება, კონცეპტუალური რუკის შედგენა, მოდელირება, რეფერატის მომზადება და სხვ.

**ფასდება შემდეგი უნარები:**

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

**რუბრიკის ნიმუში**

თარიღი: ინფორმაციის მოძიების შეფასება				
მოსწავლე	შეფასების კრიტერიუმები			
	ინფორმაციის წყაროების არჩევა	მოძიებული ინფორმაციის კვლევის მიზანთან შესაბამისობა	მოძიებული ინფორმაციის ორგანიზება	ქულათა მაქსიმალური რაოდენობა
	0-3	0-4	0-3	10
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				

## 2. საკლასო დავალება

**დავალების ტიპები:** საკითხის განხილვა/დისკუსია, ექსპერიმენტი, მონაცემების აღრიცხვა/დამუშავება, მოდელირება, საველე/გასვლითი სამუშაოები და სხვ.

ფასდება შემდეგი უნარები:

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

### რუბრიკის ნიმუში

თარიღი: _____		ექსპერტის ს.გ. _____		შეფასება				
მოს- წაგ- ლე	შეფასების კრიტერიუმები							
	კვლევის მიზნის განსაზღვრა	საჭირო ინვენტარის განსაზღვრა	კვლევის შედეგის ვარაუდი	კვლევის მიმდინარეობის აღწერა	მონაცემების აღრიცხვა	მონაცემთა ანალიზი	დასკვნის გამოტანა	ქულათა მაქსიმალური რაოდენობა
	0-2	0-1	0-1	0-2	0-1	0-2	0-1	10
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

### 3. შემაჯამებელი დავალება

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

სტანდარტის მოთხოვნათა შესაფასებლად რეკომენდებულია შემაჯამებელ დავალებათა მრავალფეროვანი ფორმების გამოყენება. საბუნებისმეტყველო საგნების შემაჯამებელ დავალებათა ტიპები შეიძლება იყოს: ტესტი, სხვადასხვა ტიპის სავარჯიშო, საველე/გასვლითი სამუშაო, მოდელირება, პროექტი, პრეზენტაცია და სხვა.

ფასდება შემდეგი უნარები:

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

**მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს შემაჯამებელი დავალებები**

- დავალების თითოეულ ტიპს უნდა ახლდეს შეფასების ზოგადი რუბრიკა;
- ზოგადი რუბრიკა უნდა დაზუსტდეს კონკრეტული დავალების პირობისა და გავლილი მასალის გათვალისწინებით;
- 10 ქულა უნდა განაწილდეს რუბრიკაში შემავალ კრიტერიუმებზე;
- მითითებული უნდა იყოს სტანდარტის ის შედეგები, რომელთა შეფასებასაც ემსახურება შემაჯამებელი დავალება.

## რუბრიკის ნიმუში

თარიღი: ————— ექსპერტის ს.გ. ————— შეფასება								
მოს- წავ- ლე	შეფასების კრიტერიუმები							
	პრო- ექტის მიზანი	კვლევის გეგმის შემუშავე- ბა	საკითხ- თან დაკავ- შირე- ბული ინფორ- მაციის მოძიება	კვლევის ჩატარე- ბა	მო- ნაცე- მების ალ- რიცხ- ვა	ანალი- ზი და დასკვნის გაკეთება	პრეზ- ენტაცია	ქუ- ლათა მაქსი- მალ- ური რა- ოდე- ნობა
	0-1	0-1	0-1	0-2	0-1	0-2	0-2	10
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

## საშინაო დავალების სახეები

საშინაო დავალება მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის ზოგადი განათლების საფეხურზე სწავლების სავალდებულო ნაწილია. მისი შესრულება მოსწავლეთა ყოველდღიური პასუხისმგებლობაა. თუმცა არის ქვეყნებიც, სადაც საშინაო დავალება იკრძალება ან იზღუდება ქვეყნის საგანმანათლებლო პოლიტიკით, ან რეგულირდება შიდასაკოლო პოლიტიკით.

მასწავლებლისთვის საშინაო დავალება შესწავლილი მასალის გამყარების, სასწავლო გეგმის სრულყოფილად დაფარვის, ჯგუფის პროგრესის შეფასების ეფექტური საშუალება შეიძლება იყოს, თუმცა, მეორე მხრივ, ის მიიჩნევა მოსწავლისათვის დამატებით სამუშაო საათებად.

საშინაო დავალების ეფექტურობის განსაზღვრაში დიდ როლს ასრულებს მასწავლებლის მომზადება და საშინაო დავალებების შედგენის, გამოკითხვისა და შეფასების მეთოდოლოგიის ცოდნა.

განასხვავებენ აკადემიური და არაკადემიური ტიპის საშინაო დავალებებს. პირველ კატეგორიას განეკუთვნება: განმამტკიცებელი, მოსამზადებელი, სააზროვნო, ინტეგრირებული და შემოქმედებითი ტიპის საშინაო დავალებები. ხოლო არაკადემიური დავალებების კატეგორიაში ერთიანდება პიროვნული და სოციალური თვისებების და უნარ-ჩვევების განმავითარებელი დავალებები.

### აკადემიური საშინაო დავალების სახეები:

**განმამტკიცებელი** საშინაო დავალება ყველაზე ფართოდ გამოიყენება და კლასში შესწავლილი მასალის გამეორება-განმტკიცებას ემსახურება. მოსწავლეს შეიძლება დაევალოს დამატებითი ფაქტების, ცხრილების, მათემატიკური ფორმულების, ფიზიკის კანონების და ა.შ. დამახსოვრება.

მკვლევრების მოსაზრებით, ყველაზე ეფექტურია ისეთი განმამტკიცებელი დავალებები, რომლებიც ახალი მასალისა და მოსწავლის პირადი გამოცდილების დაკავშირებას უზრუნველყოფენ.

განმამტკიცებელი დავალებები ახალი ცოდნის გამყარებას და

კონკრეტულ უნარ-ჩვევაში დახელოვნებას ემსახურება.

**სააზროვნო** ტიპის საშინაო დავალება მიღებული ცოდნის განმტკიცებისა და უნარ-ჩვევების ათვისების შემდეგ, მის ახალ კონტექსტში ან ახლებურად გამოყენებას გულისხმობს. სააზროვნო დავალებებს შორის ყველაზე გავრცელებულია საგანში მიღებული ცოდნის გამოყენება რეალური პრობლემების გამოსაკვლევადაც და გადასაჭრელად. ასევე, სააზროვნო დავალების ფარგლებში შესაძლოა განხორციელდეს თეორიული მსჯელობა პრობლემისა და ჰიპოთეზების გარშემო. ამ ტიპის დავალებები შედარებით რთულია და მათი შესრულება მეტ მოსამზადებელ დროს მოითხოვს.

ინტეგრირებული დავალება, სააზროვნო საშინაო დავალების მსგავსად, ამოცანების, პრობლემების გადაჭრის, ჰიპოთეზის განხილვის, შედარებითი და ისტორიული ანალიზის, მიზეზშედეგობრივი კავშირის მოძებნის სახით შეიძლება წარმოადგინოს მასწავლებელმა. ინტეგრირებული დავალების არსი იმაში მდგომარეობს, რომ მის შესასრულებლად მოსწავლემ სხვადასხვა უნარ-ჩვევა ან სხვადასხვა საგანში მიღებული ცოდნა უნდა გამოიყენოს.

შემოქმედებითი ტიპის საშინაო დავალებებს განეკუთვნება ისეთი დავალებები, როგორიცაა: წიგნის ანალიზი, სემესტრული თემა, კვლევითი პროექტი. ასეთი დავალებები გრძელვადიანია და კვირების ან თვეების განმავლობაში გრძელდება. შემოქმედებითი დავალებების მიზანია, მასწავლებელმა მოსწავლისგან მიიღოს ინდივიდუალური და ორიგინალური პროდუქტი.

აკადემიური სახის საშინაო დავალებებს შორის ყველაზე გავრცელებულია განმამტკიცებელი და მოსამზადებელი დავალებები. ამის ერთ-ერთი საფუძველი ალბათ ის გახლავთ, რომ ახალი მასალის 50%-იანი ხარისხით განმტკიცებას ახალი ცოდნისა და უნარ-ჩვევების ოთხჯერ გავარჯიშება მაინც სჭირდება, ხოლო ცოდნის 80%-იანი ხარისხის მიღწევას – 24-ჯერ გავარჯიშება. გარდა ამისა, ამ ტიპის დავალებები, როგორც წესი, წინასწარ განერილია სახელმძღვანელოებში და შესაბამისად, მათ შედგენაზე მასწავლებელს დამატებითი დრო არ ეხარჯება. შემოქმედებითი, ინტეგრირებული და სააზროვნო დავალებები კი, ძირითადად, მასწავლებლის მოსაფიქრებელი და შესადგენია. მათი შედგენისას მასწავლებელს შეუძლია, თავისუფლად გაითვალისწინოს მოსწავლეთა ინტერესები, მათი ცოდნის დონე, სოციალური ფონი და ა.შ.